Chapter 14 / Capítulo 14

Clinical Research and Rehabilitation in Contemporary Healthcare Settings. Applied Studies in Medicine, Physiotherapy, and Health Care
ISBN: 978-9915-9875-2-1
DOI: 10.62486/978-9915-9875-2-1.Ch14
Pages: 155-173

©2024 The authors. This is an open access book distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY) 4.0 License.

When measurement matters: anatomy and technique in radiological evaluation of the lower limbs

Cuando medir importa: anatomía y técnica en la evaluación radiológica de los miembros inferiores

Juan Jose Jurado[1], Diego González[1]

[1]Licenciatura en Producción de Bioimágenes, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad Abierta Interamericana. CABA, Argentina.

ABSTRACT

Introduction: radiological measurement of the lower limbs responds to the need to transform clinical observation of posture and gait into comparable and reproducible data. Differences in length and deviations from the axis alter load distribution and trigger compensatory mechanisms that may remain silent or manifest as pain, fatigue, and joint wear. In this context, pangoniometry and serial orthoradiography of the lower limbs are established as studies that allow the organization of body support to be described with objective reference, without displacing clinical assessment.
Development: both techniques allow for the quantification of mechanical and load axes, total and segmental lengths of the femur and tibia, and height discrepancies at the coxofemoral level. Their contribution is based on rigorous acquisition: minimal variations in rotation, centering, or support modify degrees and millimeters with clinical impact, especially in growing patients. Anatomy guides the reading: the pelvis as a load transmission ring, the femur as a major lever, the knee as an alignment adjustment point, and the tibia as a support column, with the fibula accompanying distal stability. The review integrates a biomechanical and evolutionary approach to standing to contextualize the system's sensitivity to small deviations. Congenital and acquired etiologies are considered, along with common deformities such as genu varum and genu valgum, where serial follow-up helps differentiate developmental variants from persistent patterns.
Conclusions: the usefulness of these measurements rests on technical standardization and clear communication between acquisition and interpretation. When the image is accurate for measurement, it provides solid support for diagnosis, follow-up, and planning, assuming that all measurements record a moment in time of a system in adaptation and require clinical integration.

Keywords: Pangoniometry; Orthoradiography of Lower Limbs; Lower Limb Dysmetria; Axial Alignment; Gait Biomechanics.

RESUMEN

Introducción: la medición radiológica de los miembros inferiores responde a la necesidad de transformar la observación clínica de la postura y la marcha en datos comparables y reproducibles. Las diferencias de longitud y las desviaciones del eje alteran la distribución de cargas y desencadenan mecanismos compensatorios que pueden permanecer silenciosos o manifestarse con dolor, fatiga y desgaste articular. En este marco, la pangoniometría y la ortorradiografía seriada de miembros inferiores se consolidan como estudios que permiten

describir, con referencia objetiva, la organización del soporte corporal sin desplazar la valoración clínica.
Desarrollo: ambas técnicas permiten cuantificar ejes mecánicos y de carga, longitudes totales y segmentarias del fémur y la tibia, y discrepancias de altura a nivel coxofemoral. Su aporte se sostiene en una adquisición rigurosa: variaciones mínimas en rotación, centrado o apoyo modifican grados y milímetros con impacto clínico, especialmente en pacientes en crecimiento. La anatomía guía la lectura: la pelvis como anillo de transmisión de cargas, el fémur como palanca mayor, la rodilla como punto de ajuste del alineamiento y la tibia como columna de soporte, con el peroné acompañando la estabilidad distal. La revisión integra un enfoque biomecánico y evolutivo de la bipedestación para contextualizar la sensibilidad del sistema a pequeñas desviaciones. Se consideran etiologías congénitas y adquiridas, junto con deformidades frecuentes como genu varo y genu valgo, donde el seguimiento seriado ayuda a diferenciar variantes del desarrollo de patrones persistentes.
Conclusiones: la utilidad de estas mediciones descansa en la estandarización técnica y en el intercambio claro entre adquisición e interpretación. Cuando la imagen es fiel para medir, ofrece un soporte sólido para diagnóstico, seguimiento y planificación, asumiendo que toda medición registra un instante de un sistema en adaptación y requiere integración clínica.

Palabras clave: Pangoniometría; Ortorradiografía de Miembros Inferiores; Dismetría de Miembros Inferiores; Alineación Axial; Biomecánica de la Marcha.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de los miembros inferiores ha acompañado a la medicina desde que se comprendió que la postura erecta y la marcha no son solo funciones mecánicas, sino expresiones complejas de anatomía, crecimiento, adaptación y carga. Basta observar a una persona de pie para advertir que el cuerpo “negocia” su equilibrio: la pelvis busca nivelarse, las rodillas se orientan para sostener el peso y los pies se acomodan como base de apoyo. Cuando esa armonía se altera —por diferencias de longitud, por desvíos en el eje o por cambios estructurales— el organismo suele compensar. A veces lo hace sin síntomas durante años; otras, con dolor, fatiga, limitación funcional o un desgaste progresivo de articulaciones y tejidos. En esa frontera entre lo visible y lo medible se ubican los estudios radiológicos de medición de miembros inferiores, cuyo valor no reside únicamente en mostrar huesos, sino en permitir que el equipo de salud comprenda cómo se organiza el soporte corporal y dónde se produce la desviación.

En este trabajo se analizarán proyecciones radiológicas destinadas a la medición de los miembros inferiores: la pangoniometría y la ortorradiografía seriada de miembros inferiores (seriada de MMII). Ambas técnicas se orientan a cuantificar variables que, en el examen físico, el médico sospecha o interpreta de forma aproximada. La radiología aporta el plano de referencia objetivo: ejes, longitudes, alturas articulares y relaciones entre segmentos óseos. No se trata de reemplazar la clínica, sino de ofrecerle una base mensurable que permita decidir conductas, planificar tratamientos, controlar la evolución y comparar resultados a lo largo del tiempo.

El punto de partida de esta propuesta es doble. Por un lado, reconocer que la calidad diagnóstica de las imágenes no es un atributo automático del equipo o del software, sino la consecuencia de una adquisición cuidadosa, coherente con la anatomía y con el objetivo clínico. Por otro, asumir que la medición radiográfica no es un acto neutro: pequeños errores de posicionamiento, rotación, carga o centrado pueden modificar centímetros y grados, y con ello alterar interpretaciones terapéuticas. En estudios donde se busca estimar discrepancias

y alineaciones, una variación mínima puede traducirse en decisiones distintas, sobre todo en pediatría, donde el crecimiento sigue su curso y la oportunidad terapéutica depende del momento.

Una investigación vinculada con este tema fue desarrollada en la institución donde el autor se desempeña como técnico radiólogo, bajo el título "Estudio radiológico de dismetrías de miembros inferiores: pangoniometría". Ese trabajo, basado en la experiencia diaria de médicos informantes y residentes, y apoyado por bibliografía especializada, fue presentado ante la FAARDIT (Federación Argentina de Asociaciones de Radiología, Diagnóstico por Imágenes y Terapia Radiante). Su aporte principal consistió en ordenar la técnica del estudio y describir el conjunto de mediciones posibles en una pangoniometría bien realizada. De esa experiencia surge una idea que atraviesa este libro: la técnica radiológica no es un simple procedimiento operativo, sino un lenguaje compartido entre quien adquiere la imagen y quien la interpreta. Cuando ese lenguaje es preciso, el informe médico gana claridad; cuando se vuelve ambiguo, la incertidumbre crece.

Las mediciones que suelen derivarse de estos estudios son variadas y responden a preguntas clínicas concretas. La traza de ejes mecánicos y de carga permite caracterizar desviaciones en el plano frontal, asociadas con genu varo o genu valgo. La medición de la longitud total de una extremidad se orienta a confirmar o descartar dismetrías globales. La medición segmentaria hueso a hueso —fémur y tibia por separado— ayuda a localizar el origen de la diferencia, lo cual es decisivo cuando se consideran tratamientos quirúrgicos o intervenciones sobre cartílagos de crecimiento. La medición a nivel de las caderas, finalmente, permite estimar discrepancias en la altura de las articulaciones coxofemorales, aspecto que se vincula con la nivelación pélvica y con adaptaciones posturales de la columna. El valor de cada medición no está en el número aislado, sino en la lectura integrada del conjunto.

Para comprender por qué estas mediciones importan, es necesario situarlas sobre el mapa anatómico. El cuerpo humano muestra, en condiciones habituales, una simetría aproximada: el lado derecho y el izquierdo parecen replicarse como en un espejo. Esa simetría nunca es absoluta —existen variantes anatómicas, dominancias funcionales y diferencias mínimas—, pero sirve como marco de referencia. Cuando la simetría se rompe más allá de lo tolerable, el sistema de soporte del cuerpo responde con compensaciones. La anatomía de los miembros inferiores, en particular, se organiza para sostener el tronco y permitir el desplazamiento, lo que exige una arquitectura resistente y coordinada: pelvis como anillo de transmisión de cargas, fémur como palanca mayor, rodilla como articulación de ajuste y soporte, tibia como columna principal de la pierna y peroné como elemento lateral que acompaña la estabilidad distal, culminando en el tobillo y el pie como base de contacto con el suelo.

La pelvis ósea se presenta como un punto de encuentro entre el esqueleto axial y los miembros inferiores. Está constituida por los coxales, el sacro y el cóccix, y se describe con regiones que distinguen la pelvis falsa y la pelvis verdadera. En la práctica radiológica, la pelvis no es solo "un conjunto de huesos", sino un marco desde el cual se define el alineamiento de los miembros y se reconocen reparos clave. La cresta ilíaca, por ejemplo, aparece como referencia para la programación y para la evaluación del posicionamiento. El acetábulo y su relación con la cabeza femoral son cruciales cuando se consideran discrepancias de altura articular o alteraciones que repercuten en la carga.

El fémur, como hueso más largo del cuerpo, condensa gran parte de las tensiones del

sistema: articula proximalmente con el coxal, formando la cadera, y distalmente con la tibia, conformando la rodilla. Su orientación, con descenso desde lateral hacia medial, aproxima la rodilla a la línea media, alineándola con la gravedad del cuerpo. Este detalle anatómico, que parece descriptivo, tiene consecuencias radiográficas directas: la evaluación de ejes y ángulos depende de cómo se registre esa disposición en una imagen en carga. La rótula, como mayor hueso sesamoideo, completa el complejo anterior de la rodilla, y su posición puede ser indicio de rotaciones o desalineaciones durante la adquisición.

La tibia, por su parte, es la estructura medial que soporta el peso y articula con el fémur. La meseta tibial y sus cóndilos se convierten en puntos de lectura obligada cuando se evalúan ejes y cuando se intenta evitar errores por rotación. El peroné, lateral y de menor tamaño, no participa de la articulación femorotibial y no carga peso de forma principal, pero resulta relevante por su articulación proximal con la tibia y por su participación distal en el tobillo a través del maléolo lateral. Comprender qué estructura "carga" y cuál "acompaña" orienta la interpretación de la mecánica y explica por qué ciertas deformidades generan síntomas específicos.

Este marco anatómico se enlaza con una mirada evolutiva y biomecánica. La historia de la bipedestación humana, vinculada a transformaciones en pelvis, columna, caderas, rodillas y pies, permite entender que el miembro inferior no es una simple cadena de huesos, sino una solución biológica al problema de sostener y trasladar el cuerpo. Evidencias paleoantropológicas, como las huellas fosilizadas de Laetoli, han apoyado la idea de una marcha erguida temprana en homínidos como Australopithecus afarensis. A partir de allí, cambios como la lordosis lumbar, la reorganización del raquis cervical, el ensanchamiento relativo de la pelvis y el desarrollo de arcos plantares acompañaron la necesidad de estabilidad y ahorro energético durante la marcha. Esa misma adaptación, que permitió caminar con eficiencia, también hace que el sistema sea sensible a desviaciones del alineamiento: una pequeña diferencia en longitud o un desvío en el plano frontal puede redistribuir cargas y producir sobreuso en estructuras que no fueron "diseñadas" para cargar de ese modo.

En la clínica, la dismetría de miembros inferiores representa un problema frecuente y heterogéneo. Su etiología puede ser congénita, postraumática, infecciosa, tumoral, paralítica u originarse en enfermedades específicas como Legg-Calvé-Perthes o epifisiolisis femoral. Cada causa implica trayectorias distintas y, por lo tanto, necesidades diagnósticas diferentes. En dismetrías congénitas, las malformaciones estructurales —aplasias, hipoplasias, deformidades óseas, luxaciones congénitas— suelen plantear desafíos mayores. En otras situaciones, las alteraciones vasculares, como las asociadas al síndrome de Klippel-Trenaunay-Weber, muestran cómo el compromiso de tejidos blandos y vasos puede impactar en la marcha y en la biomecánica, incluso cuando el hueso no es el único protagonista.

Las dismetrías adquiridas también presentan escenarios variados: secuelas de traumatismos con afectación fisaria, tumores óseos cercanos a cartílagos de crecimiento, infecciones osteoarticulares que alteran el desarrollo y deformidades relacionadas con la alineación, como genu varo y genu valgo. En estos últimos casos, la dimensión temporal resulta decisiva. En edades tempranas ciertas desalineaciones pueden corresponder a variantes del desarrollo y corregirse con el crecimiento; en otros pacientes persisten o progresan, generando sobrecargas en cadena sobre músculos, tendones, ligamentos, hueso y cartílago. En esa zona intermedia —entre lo fisiológico y lo patológico— las mediciones radiológicas seriadas ayudan a interpretar la tendencia, con la cautela de reconocer límites: la imagen captura un instante, mientras el

crecimiento y la adaptación ocurren a lo largo del tiempo.

Por todo lo anterior, este trabajo propone un recorrido que articula técnica radiológica, anatomía y clínica. Se pondrá atención en la adquisición de imágenes de pangoniometría y ortorradiografía seriada, entendiendo que la calidad diagnóstica se construye desde el posicionamiento y la estandarización. Al mismo tiempo, se describirán los fundamentos anatómicos que sostienen la lectura de reparos y ejes, y se conectarán esos hallazgos con los principales cuadros patológicos vinculados a dismetrías y desalineaciones. La meta es que el lector —ya sea técnico radiólogo, estudiante o profesional de la salud interesado en el tema— encuentre una primera visión clara y consistente: por qué se mide, qué se mide, cómo se evita el error y qué preguntas clínicas responde el estudio. En última instancia, la imagen bien obtenida se convierte en un puente entre el cuerpo del paciente y la decisión médica, con el respeto que merece toda medición que influirá en su diagnóstico y tratamiento.

DESARROLLO

Una de las investigaciones vinculadas con el trabajo fue la realizada en la institución donde cumplo tareas de técnico radiólogo a la cual denominaron “estudio radiológico de dismetrías de miembros inferiores: pangoniometría”. El trabajo fue realizado basándose en la experiencia diaria de los médicos informantes y residentes de la institución, como así también en diferentes textos de diversos autores y fue presentado para la FAARDIT (Federación Argentina de Asociaciones de Radiología, Diagnóstico por Imágenes y Terapia Radiante). El trabajo resume la técnica de cómo se realiza el estudio, como así también los diferentes tipos de medidas que se pueden tomar en una pangoniometría. Algunas de las mediciones pueden ser la traza de los ejes mecánicos y de carga (Geno varo o Geno valgo), la medición de la longitud de manera total de una extremidad (dismetría de alguno de los miembros inferiores) o hueso a hueso (lo que sería medir ambos fémures y tibias para comparar), o la medición a la altura de las caderas (esta medición es para evaluar si existe una discrepancia en la altura de ambas articulaciones coxo femorales).

Anatomía de los miembros inferiores

El cuerpo humano posee una simetría que en la normalidad hace que nuestro hemisferio izquierdo como nuestro hemisferio derecho sea idénticos como replicados en un espejo. La curiosidad por cómo se compone el cuerpo humano y estudiar su conformación viene desde la antigüedad. Ya sobre el renacimiento Leonardo da Vinci se dedicó a realizar las primeras ablaciones o autopsias primitivas en donde aprovechando su don para el dibujo y la pintura, documento la anatomía de los diferentes órganos y estructuras del cuerpo y en un famoso dibujo el hombre de Vitrubio el artista plasma las proporciones del cuerpo en base a las proporciones matemáticas descriptas por el arquitecto romano del siglo I antes de cristo, de apellido Vitrubio. La anatomía de los miembros inferiores está compuesta por la unión de tres huesos, los dos huesos más largos del cuerpo que son los fémures, las tibias y perones. Los miembros inferiores se encuentran unidos al esqueleto axial por medio de la articulación sacro-iliaca. Su principal utilidad es la de soportar el peso del tronco. Otra de las funciones de los miembros inferiores es la de permitir el desplazamiento del cuerpo en el espacio.[1]

Pelvis ósea

Es una región del cuerpo la cual está rodeada por los huesos pélvicos, y por los elementos inferiores de la columna vertebral. Los huesos que componen la pelvis son los coxales derecho e izquierdo el sacro y el cóccix. Los huesos coxales presentan una forma irregular, presentando dos partes principales, las cuales se encuentran separadas por una línea. Por encima de esta línea se constituye la pelvis falsa la cual pertenece al abdomen, por debajo se encuentra la

pelvis verdadera, la que contiene a la cavidad pélvica. Los huesos coxales están compuestos a su vez por tres huesos. El ilion, el isquion y el pubis. El ilion se encuentra en la parte superior del hueso coxal. Una cresta situada en la parte medial divide al hueso coxal en una parte superior y una parte inferior. El borde superior del ilion se engrosa para formar la cresta iliaca (reparo utilizado para programar el estudio). El pubis posee un cuerpo y dos ramas. Su cuerpo es aplanado en sentido dorso ventral, y se articula con el cuerpo del hueso púbico del lado contrario para formar la sínfisis del pubis. La rama superior se proyecta de manera postero lateral, desde el cuerpo que se une con el ilion y el isquion en su base, la cual se orienta hacia el acetábulo. La rama inferior está delimitada por el surco obturador, y se proyecta de manera lateral y en sentido inferior para unirse con el isquion.[2]

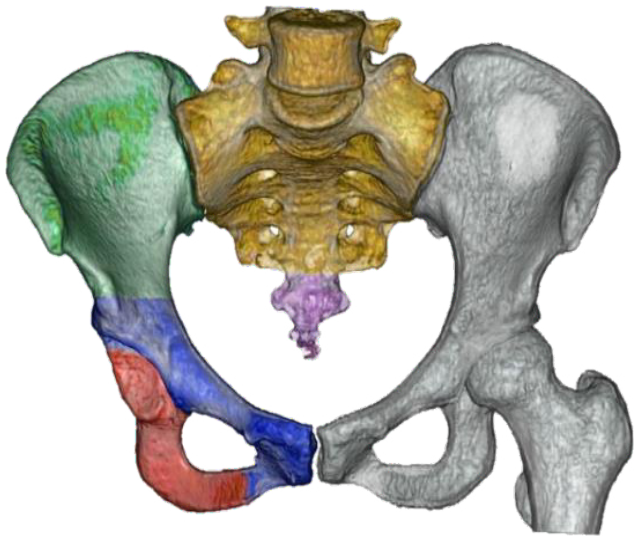

Figura 14.1. Reconstrucción tomografía, vista frontal donde se diferencian los huesos que la conforman. En verde el hueso iliaco, en azul hueso púbico, en rojo hueso ilíaco, en marrón huesos sacros, en violeta huesos coxales

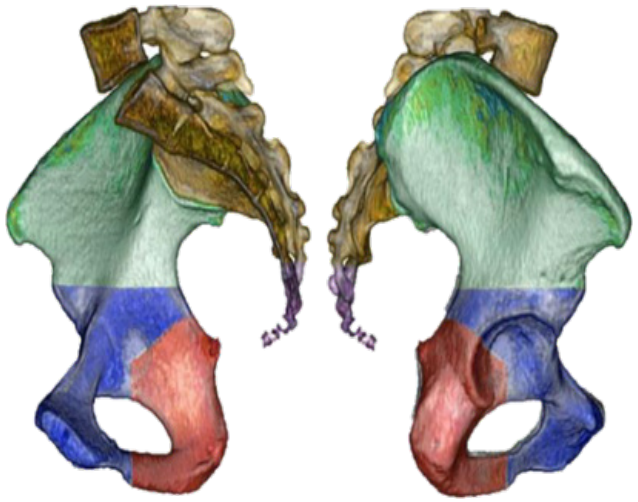

Figura 14.2. Reconstrucciones tomográficas vistas laterales de la pelvis ósea

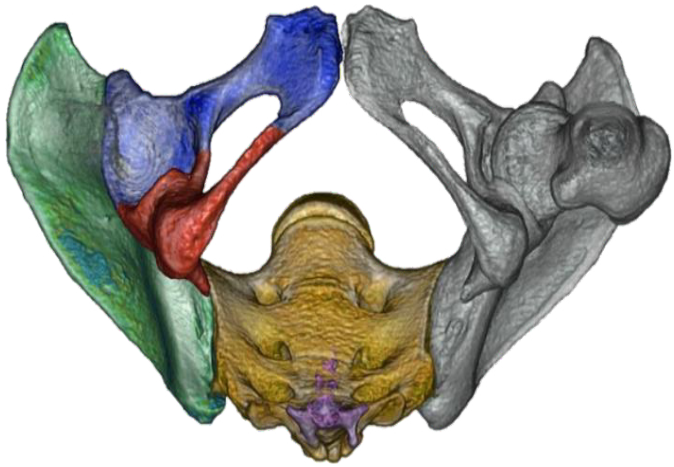

Figura 14.3. Reconstrucción tomografía vista caudo craneal de la pelvis ósea

El sacro posee una forma de triángulo con base superior, y lo conforman la fusión de las cinco vertebras sacras. Su base articula con la quinta vértebra lumbar y su vértice lo hace con el cóccix. En ambos laterales presenta grandes superficies articulares para la articulación con los huesos iliacos del coxal. La superficie anterior del sacro es convexa y la superficie posterior es convexa.

El cóccix es la pequeña sección terminal de la columna vertebral, la cual está formada por la fusión de cuatro vertebras coccígeas, y posee una forma de pirámide invertida al igual que el sacro.

Fémur

Es el hueso del muslo y a su vez el más largo del cuerpo, en su extremo proximal articula con la cavidad glenoidea de con el coxal en una articulación de tipo hueco bola, conformando la articulación de la cadera, hacia distal articula con la tibia, como también con la rótula hacia anterior, la cual es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo.

El fémur se compone por una cabeza, un cuello y la diáfisis. La cabeza del fémur es esférica y articula con el acetábulo del hueso pélvico. El cuello se conecta la cabeza del fémur con la diáfisis, posee una forma de cilindro, su forma arqueada permite mejorar el arco de movilidad de la articulación de la cadera. La diáfisis en su parte superior presenta dos accidentes que son los trocánteres mayor y menor para la inserción de músculos de la articulación de la cadera.

La diáfisis del fémur desciende desde lateral hacia medial, haciendo que la parte distal de la diáfisis pase cerca de la línea media. Como consecuencia de esta orientación la articulación de la rodilla quedara configurada cerca de la línea media por debajo de la línea de gravedad del cuerpo. El extremo distal del fémur se caracteriza por dos grandes cóndilos, que se articulan con la cabeza proximal de la tibia. Los cóndilos están separados hacia nivel posterior por la fosa intercondílea y se unen hacia anterior para la articulación con la rótula. Las superficies de los cóndilos que se articulan con la tibia son redondeadas a nivel posterior y se aplanan a nivel inferior.

Figura 14.4. Reconstrucción tomográfica del fémur vista frontal

Rótula

Es el mayor hueso sesamoideo del cuerpo (hueso formado dentro del tendón rotuliano, que sirve de conexión entre la rótula y la tibia.

Posee forma triangular de base superior y vértice inferior. Su base sirve de inserción para el cuádriceps femoral, desde arriba. Su superficie posterior articula con el fémur y posee dos carillas una lateral y una medial, la carilla lateral es mayor a la medial y cada una de estas sirve para articular con los cóndilos femorales.

Figura 14.5. Reconstrucción articulación de la rodilla

Figura 14.6. Reconstrucción tomográfica de la rótula

Tibia

Es el hueso medial y más grande de la pierna, y es el único que articula con el fémur en la rodilla.

Figura 14.7. Reconstrucción tomográfica de la tibia y peroné vista frontal

En su extremo proximal presenta dos cóndilos para soportar el peso. Un cóndilo medial y uno lateral que está aplanados en el plano horizontal y sobresalen de la diáfisis. Esta zona se denomina "meseta tibial".

Los cóndilos son gruesos discos horizontales de hueso unidos a la porción más alta de la diáfisis tibial. El cóndilo medial el mayor al lateral y se encuentra mejor apoyado sobre la diáfisis tibial. Sirve para la articulación con el cóndilo femoral medial. En el medio de los dos cóndilos de la tibia se encuentra una estructura denominada meseta tibial. En ella se ubican los tubérculos intercondíleos.

La diáfisis tibial presenta una sección triangular, tres superficies (posterior, medial y lateral), y tres bordes (anterior, interóseo y medial). La gran superficie media de la diáfisis tibial resulta

palpable a lo largo de toda su extensión.

Peroné

Es el hueso lateral de la pierna y no forma parte de la articulación de la rodilla, ni soporta el peso. Es considerablemente menor a la tibia y posee una cabeza proximal pequeña, un estrecho cuello y una fina diáfisis que termina por articular en el maléolo lateral del tobillo.

La cabeza del peroné es una expansión globular en el extremo proximal del peroné que articula con la tibia sobre la cara inferior del cóndilo lateral de la tibia.

Al no soportar el peso la diáfisis del peroné es más estrecha que la tibia. Además, exceptuando a sus extremos el peroné está rodeado de músculos. Su extremo distal se expande hasta formar el maléolo lateral en forma de pala. La misma articulara con la superficie lateral del astrágalo, formando así la parte lateral de la articulación del tobillo.

Figura 14.8. Reconstrucción tomográfica de la tibia y peroné vista frente.

Figura 14.9. Reconstrucción tomográfica del peroné

Patologías de los miembros inferiores

La evolución del género homo provoco la necesidad de bipedestar, surge hace millones de años en la edad de piedra a raíz de la necesidad de la utilización de los miembros superiores, es decir normalmente para fabricar un instrumento hacen falta las dos manos, es decir, las partes dístales de las extremidades superiores han de estar libres para ejecutar los movimientos de golpeo secuencial, encaminados a obtener una morfología determinada, para su uso posterior.

Estudios anatómicos nos dieron la pista para detectar empíricamente una actividad biomecánica relacionada con la bipedestación. El descubrimiento de las pisadas fosilizadas de Laetoli (Tanzania) de 3,2 millones de años de antigüedad, y más parecidas a las de especies del género Homo, abrieron la puerta a la contrastación de la existencia de la posición erecta en un período muy antiguo, se podía concluir que el Australophitecus afarensis ya caminaba erguido. Es decir, antes de que existiera la tecnología de la piedra, la posición erecta ya estaba consolidada.[3]

Podemos concluir que la adaptación del género homo desde su filogénesis, es decir durante el transcurso de la evolución humana a partir de los prehomínidos, el paso de la cuadrupedia a la bipedestación indujo al enderezamiento y posterior cambio en la concavidad de la columna lumbar, que inicialmente era cóncava hacia adelante; de este modo con la aparición de la lordosis lumbar dependiendo del grado de anteversión o de retroversión de la pelvis. Simultáneamente, el raquis cervical, que se articulaba con la caja craneal por detrás, se vio progresivamente desplazado por debajo del cráneo.

Las caderas se vieron ampliadas con respecto a los antiguos homínidos. A consecuencia del mayor peso que estas estructuras óseas deben soportar, para poder andar sobre los pies. Además, la columna vertebrar se ubicó más cerca de las mismas, aumentando la estabilidad al andar.

El pie del ser humano debió desarrollar grandes talones, lo que hizo capaz de soportar más peso. Al comenzar a andar sobre los dos pies, los mismos comenzaron a actuar como plataformas, manteniendo el peso del cuerpo, por lo que son más pequeños. Además de la forma de arco, lo que ayuda a distribuir el peso corporal de una manera más eficiente.

Al igual que las caderas las articulaciones de las rodillas, tienen que soportar más peso, esta evolución permite el ahorro de energía al caminar.

Normalmente al ver un paciente de pie el medico observa el correcto nivel de la parte baja de la columna, de las caderas y las rodillas, encontrándose estas a la misma altura. Esta evaluación debe considerar tanto la parte estática como la dinámica del paciente, como así también el estudio de su posible comportamiento futuro, en relación con el desarrollo restante del paciente.

Etiología de la dismetría

Esquemáticamente, las dismetrías pueden ser de causa:

- Congénita. En ocasiones extremadamente complejas en su tratamiento.
- Postraumática. Por exceso o por defecto como secuelas de fracturas diafisarias, o secundarias a lesiones fisarias, asociadas en ocasiones a desviaciones axiales.
- Infecciosa. Secundarias a osteomielitis o sepsis.
- Tumoral. De naturaleza benigna o maligna.

- Paralítica. Secundaria a poliomielitis, actualmente muy infrecuente.
- Otras. Secundarias a enfermedad de Leg-Calvé-Perthes, epifisiolisis femoral...

En los niños los mecanismos de compensación son más favorables que en el adulto, por su proporción de peso fuerza, Dependiendo de la magnitud de la dismetría serán los efectos sobre las articulaciones. A nivel de las caderas el miembro con mayor longitud suele tener menor recubrimiento de la cabeza femoral por el acetábulo pélvico. En las rodillas suelen generarse dolores articulares en las deportistas. Y sobre la columna suele generar actitudes escolióticas compensatorias. Generalmente las dismetrías leves no condicionan alteraciones sobre el pie, mientras que las más severas (congénitas, secundarias a sepsis) pueden afectar simultáneamente a todos los segmentos de la extremidad con agenesia de radios, hemimelias, cierres fisarios globales, etc., formando parte de un mismo proceso mal formativo o secuela.[4]

Dismetrías congénitas

Son patologías que surgen desde la gestación del sujeto, y pueden ser de carácter hereditario o no. Su tratamiento resulta ser muy complejo porque suelen ser malformaciones estructurales, como lo son la aplasia o hipoplasia de alguna de las estructuras óseas que componen a los miembros inferiores, deformidades de estas, o luxaciones congénitas de las caderas.[5,6,7] También pueden ser de carácter no estructural como lo puede ser alteraciones vasculares como el Síndrome de Klippel-Trenaunay-Weber, que consiste en problemas en el desarrollo de algunos vasos sanguíneos, los tejidos blandos (como la piel y los músculos), los huesos y, a veces, el sistema linfático. La falta de vascularización genera la falta de tonicidad en los músculos del miembro afectado generando claudicación de la marcha, y que en consecuencia se modifique la biodinámica del paciente, en las imágenes se puede observar además material de osteosíntesis en el tobillo izquierdo, siendo una cirugía de epfisiodesis, realizada con el objetivo de detener el crecimiento del cartílago de crecimiento del paciente.

Figura 14.10. Pangoniometría con rodillera telescópica para estabilizar el miembro

Figura 14.11. Pangoniometría sin estabilizar el miembro

Figura 14.12. Angioresonancia de miembros inferiores donde se observa la falta de vascularización de la arteria poplítea izquierda

Dismetrías adquiridas

Dentro de las consultas más comunes se puede encontrar las secuelas de traumatismo, tumores óseos, infecciones, genu varo o genu varo.[8,9]

En las lesiones de origen traumático, se pueden originar acortamientos de los miembros en las lesiones epifisometafisarias, a causa de las fracturas se puede ver afectado la longitud como los ejes de los huesos comprometidos e incluso de la extremidad. En el caso de que la fractura sea diafisaria, puede presentar dificultad en su evaluación de la fractura teniendo que ser controlada para evaluar el normal desarrollo óseo hasta la pubertad.[10]

Los tumores óseos suelen ser una casa causa importante dismetría de miembros inferiores. Los tumores de origen cartilaginoso y carácter benigno ya se encondromas aislados o como parte de un síndrome de encondromatosis múltiple, pueden originar de formaciones óseas y dismetría de los miembros cuando se localizan cerca de los cartílagos de crecimiento y pueden también tener una transformación maligna. Otros tumores pueden estimular el crecimiento temporal de alguna extremidad como por ejemplo el osteoma osteoide o retrasar el crecimiento óseo como sucede tras la administración de corticoides dentro de los quistes óseos.[11]

Las infecciones osteo articulares pueden alterar el crecimiento a través de diversos mecanismos, favoreciendo el desprendimiento epifisario y favoreciendo la aparición de fracturas. Las artritis sépticas afectan de manera diferente al cartílago de crecimiento, originando asimetrías y alteraciones en los ejes axiales, de mayor severidad puede ser en los recién nacidos con artritis séptica de la cadera. Si el compromiso es solo en la diáfisis de un hueso largo, la osteomielitis habitualmente causa un acortamiento leve. Si la afectación compromete a la fisis, o pueden ser más significativos los acortamientos.

Figura 14.13. Paciente adulto que en su infancia sufrió un Perthes de cadera izquierda

Las alteraciones vasculares adquiridas como la enfermedad de Perthes, puede producir dismetrías moderadas, con discrepancias habitualmente menores a los 5 cm. La enfermedad de Perthes, suelen verse afectados en una proporción de 5 a 1 los niños por sobre las niñas, presentándose a una edad temprana, siendo una enfermedad idiopática y sin factores predisponentes claros.[12]

Las alteraciones adquiridas más frecuentes con respecto a la biomecánica son el genu varo y el genu valgo. Estas dos patologías comprenden conceptos dinámicos, con apariciones durante la primera edad, que comprende desde que el paciente comienza a bipedestar, hasta los 6 o 7 años según la bibliografía actual, no teniendo una causa exacta conocida, aunque se han sido implicadas en que se manifieste, el desarrollo defectuoso del cóndilo femoral lateral, o la laxitud del ligamento colateral medial de la rodilla, la obesidad y el pie plano. Se caracterizan por la torsión en el plano frontal causando un mal reparto de peso y generando un estrés para todo el conjunto articular. Éstas a su vez ocasionan desequilibrios en cadena que originan sobrecargas tanto en estructuras blandas (músculo-tendón-ligamento) como en estructuras duras (hueso-cartílago).

El genu valgo es la desalineación de fémur y tibia que provoca que una rodilla se desvíe hacia dentro y se junte con la otra. Si se produce en ambas rodillas vemos las típicas piernas en "X" con la cadera desplazada lateralmente, así como también los tobillos.

El genu varo es la desalineación contraria al valgo, es decir, encontramos que una rodilla se separa de la otra. Si afecta a las dos rodillas observamos las piernas arqueadas en forma de "paréntesis".

Al igual que el genu valgo, esta desalineación también puede ser normal en edades tempranas y suele corregirse durante el proceso de crecimiento.

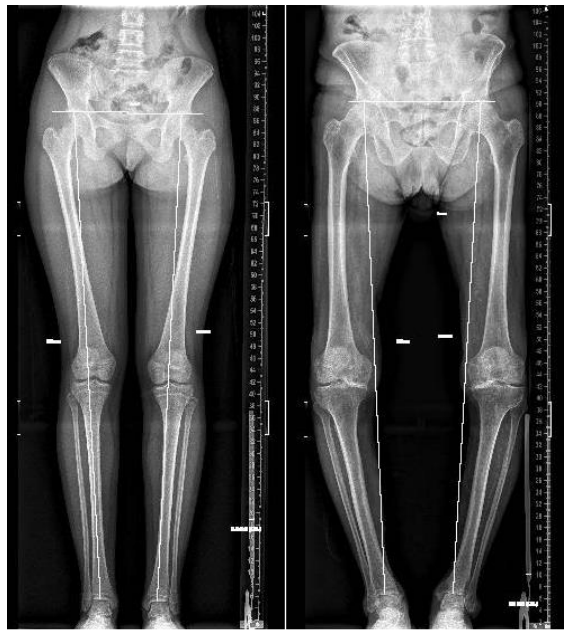

Figura 14.14. Izquierda genu valgo, derecha genu varo

CONCLUSIONES

La revisión realizada permite afirmar que la medición radiológica de los miembros inferiores constituye una herramienta central cuando se busca comprender, con precisión y comparabilidad, el modo en que el cuerpo distribuye cargas, compensa asimetrías y expresa alteraciones estructurales a través del alineamiento y la longitud de las extremidades. La observación

clínica aporta el primer indicio y orienta la sospecha; la pangoniometría y la ortorradiografía seriada aportan el marco mensurable que transforma esa sospecha en datos verificables: ejes, longitudes segmentarias, discrepancias globales y alturas articulares. En conjunto, estos estudios funcionan como un puente entre la apariencia postural del paciente y las decisiones terapéuticas que pueden seguirse, desde controles evolutivos hasta planificación quirúrgica.

A lo largo del desarrollo se evidencia que la calidad de la medición depende de manera decisiva de la calidad de la adquisición. En este tipo de prácticas, la imagen no solo "muestra", también "mide"; por lo tanto, cualquier variación en la carga, la rotación, el centrado o el posicionamiento puede traducirse en diferencias de centímetros y grados. Ese margen de error no es un detalle técnico menor: puede modificar la interpretación del eje mecánico, alterar la estimación de una dismetría o inducir conclusiones erróneas sobre la progresión de un genu varo o un genu valgo, en especial en pacientes pediátricos, donde el crecimiento impone ventanas temporales estrechas para intervenir. La estandarización del procedimiento y el reconocimiento consciente de sus límites aparecen, entonces, como condiciones necesarias para que el estudio sea realmente útil.

La integración entre anatomía y técnica se revela como el núcleo del trabajo. Comprender la pelvis como anillo de transmisión de cargas, el fémur como palanca mayor, la rodilla como punto de ajuste del eje y la tibia como columna principal de la pierna permite interpretar por qué ciertos reparos anatómicos son críticos y por qué determinadas rotaciones distorsionan mediciones. La lectura del miembro inferior como una unidad funcional —y no como segmentos aislados— favorece una mirada más completa: una discrepancia de longitud no se agota en el número, sino que se relaciona con adaptaciones pélvicas, cambios en la postura, sobrecargas en rodillas y posibles actitudes escolióticas compensatorias.

La revisión también muestra que las dismetrías y desalineaciones no responden a una única causa ni evolucionan de forma uniforme. Las etiologías congénitas, postraumáticas, infecciosas, tumorales, neurológicas y vasculares configuran escenarios clínicos distintos y, por lo tanto, requieren un enfoque radiológico capaz de responder preguntas diferentes: cuánto, dónde y cómo se produce la discrepancia; qué segmento está comprometido; si existe afectación fisaria; si el eje se desvía y en qué magnitud. En las dismetrías congénitas, el desafío suele estar en la complejidad estructural y en la coexistencia de deformidades; en las adquiridas, cobra relevancia el seguimiento y la identificación temprana de cambios que puedan condicionar el pronóstico. En ambos casos, el estudio radiológico aporta un registro objetivo que permite comparar el presente con el pasado y proyectar conductas futuras con mayor sustento.

El análisis de genu varo y genu valgo destaca, a su vez, una zona particularmente sensible: la transición entre variantes del desarrollo y alteraciones persistentes o progresivas. La radiología seriada adquiere allí un valor especial, porque permite observar tendencia y no solo estado. Aun así, conviene reconocer que toda medición captura un momento y que la biomecánica real del paciente incluye componentes dinámicos que exceden la imagen estática. Este límite no debilita el estudio; más bien orienta su lectura: los hallazgos deben interpretarse en diálogo con la clínica, el contexto del paciente, su edad, su etapa de crecimiento y su sintomatología.

Finalmente, esta revisión reafirma el papel del técnico radiólogo como actor clave en el resultado diagnóstico. La técnica no es un paso previo al informe: forma parte del contenido clínico del estudio. Cuando la adquisición es cuidadosa y coherente con los objetivos de medición, el médico informante recibe una base sólida para evaluar, comparar y decidir. Cuando

la adquisición es irregular, la incertidumbre aumenta y el valor clínico del examen se reduce. Por ello, el recorrido propuesto —que articula fundamentos anatómicos, criterios técnicos y contexto patológico— apunta a consolidar una práctica más consistente y responsable, centrada en la obtención de imágenes que no solo sean "buenas" visualmente, sino fieles para medir y útiles para guiar la atención del paciente.

REFERENCIAS

1. Baar A, De la Maza A, Lillo S, Ortega X, Sánchez S. Asimetría de extremidades inferiores: evaluación por imágenes en la edad pediátrica. Rev Chil Radiol. 2013;19(4):177-186. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-93082013000400007

2. Muñoz Gutiérrez J. Relaciones axiales de las extremidades pélvicas. En: Atlas de mediciones radiográficas en ortopedia y traumatología. 2a ed. 2011. cap. 21. p. 206-217.

3. Carbonell E. Bipedestación humana. El Mundo. 2011 Feb 18. Disponible en: https://www.elmundo.es/blogs/elmundo/sapiens/2011/02/18/bipedestacion-humana.html

4. Gil Albarova J, Bregante Baquero J. Dismetrías de la extremidad inferior en la infancia y adolescencia: implicaciones clínico-patológicas en el pie. ResearchGate. 2014. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/258513703

5. Dillenseger JP, Moerschel E. Influencia de la asimetría de la marcha en el comportamiento biomecánico de las articulaciones de cadera en pacientes con prótesis transfemorales. En: Manual para técnicos radiólogos: cuando la teoría enriquece la práctica. 2012.

6. De Pablos J. Dismetría de los miembros inferiores. MBA Institute. 2015;(13). Disponible en: http://www.mbainstitute.eu/recursos/boletines/12mk075-boletin-mba-institute-bo13-150ppp.pdf

7. Gómez-Aguilar E, Bueno MR, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. Protocolo de valoración de las diferencias de longitud de los miembros inferiores. Rev Eur Podol. 2016. Disponible en: https://revistas.udc.es/index.php/ejpod/article/view/ejpod.2016.1.1

8. Bauman Z. El desafío ético de la globalización. El País. 2001 Jul 20. Disponible en: https://elpais.com/diario/2001/07/20/opinion/995580007_850215.html

9. Gaillard F, Worsley C. Perthes disease. Radiopaedia.org. 2023. doi:10.53347/rID-157.

10. Broche Vázquez L, Díaz Novo C, Pérez Bonne P, Torres Quesada M, Sagaró Zamora R. Título del artículo no especificado. Ingeniare Rev Chil Ing. 2015;23(2):312-322. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052015000200016

11. Clark MKC. Lower limb. En: Positioning in radiography. 9th ed. Ilford: Ilford Ltd; 1973. p. 122-124.

12. Espinoza Urrutia E. Discrepancia de longitud de las extremidades. Orthotips. 2008;4(3):160-169. Disponible en: https://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2008/ot083c.pdf

FINANCIACIÓN

Ninguna.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Juan Jose Jurado, Diego González.
Curación de datos: Juan Jose Jurado, Diego González.
Análisis formal: Juan Jose Jurado, Diego González.
Investigación: Juan Jose Jurado, Diego González.
Metodología: Juan Jose Jurado, Diego González.
Administración del proyecto: Juan Jose Jurado, Diego González.
Recursos: Juan Jose Jurado, Diego González.
Software: Juan Jose Jurado, Diego González.
Supervisión: Juan Jose Jurado, Diego González.
Validación: Juan Jose Jurado, Diego González.
Visualización: Juan Jose Jurado, Diego González.
Redacción – borrador original: Juan Jose Jurado, Diego González.
Redacción – revisión y edición: Juan Jose Jurado, Diego González.