

Evaluación de las deformidades de la extremidad inferior

David S. Feldman, MD

INTRODUCCIÓN

Aunque no se han determinado con detalle las consecuencias clínicas que tienen a largo plazo las alteraciones mecánicas debidas a la mala alineación de la extremidad inferior como causa de artrosis y de dolor, los conocimientos acerca de las características de la alineación del miembro inferior han mejorado sustancialmente a lo largo de las dos últimas décadas. Para conseguir una corrección efectiva y segura de las deformidades es importante conocer y cuantificar las alteraciones en la alineación de los huesos y articulaciones de la extremidad inferior.

HISTORIA CLÍNICA Y EXPLORACIÓN FÍSICA

La evaluación de la deformidad comienza con la historia clínica del paciente, con consideración de los posibles antecedentes de diabetes, enfermedad vascular periférica o intervenciones quirúrgicas previas. Se debe determinar la naturaleza de la lesión o anomalía congénita, así como la intensidad de la incapacidad y del dolor asociados a la deformidad.

En la exploración física se debe establecer el aspecto general de la alineación del miembro (en varo, en valgo, en *flexum* y en *recurvatum*). Para la evaluación y la corrección de la deformidad es imprescindible determinar la vascularización del miembro y de los huesos que lo componen, así como descartar la posibilidad de que existan áreas de cicatrización cutánea o de piel afectada por otros procesos. También se debe determinar el rango de movimientos pasivos y activos, la aparición de dolor con el movimiento y la posible existencia de contracturas articulares. Es importante tener en cuenta la inestabilidad ligamentosa de la rodilla y del tobillo. Para descartar la inestabilidad ligamentosa —es decir, la presencia de desviación medial o lateral de la rodilla— se deben observar la marcha del paciente y la posición del miembro en apoyo monopodal. También es necesario considerar la fuerza muscular del paciente y sus características neurológicas (incluyendo la sensibilidad, la propiocepción y la disfunción del nervio peroneo).

EVALUACIÓN RADIOLÓGICA

La primera radiografía que se obtiene en el plano coronal es una imagen de toda la extremidad inferior en bipedestación, con visualización desde el borde de la pelvis hasta el suelo.

La rótula debe quedar en posición anterior, un aspecto que es muy importante cuando existe simultáneamente torsión tibial interna o anteversión femoral. En los casos en los que no se puede realizar la proyección con la rótula en dirección anterior, el eje de la rodilla debe ser perpendicular a la radiografía.

En los niños es suficiente una placa radiográfica de 1 m, mientras que en los adultos vale con una de 1,5 m. Cuando existe disparidad en la longitud de los miembros se puede utilizar un alza en el miembro más corto con objeto de elevar el nivel de la pelvis. La disparidad en la longitud de los miembros se puede determinar mediante una telemetría, mediante una escanografía convencional o mediante tomografía computarizada (TC). La TC es la técnica que da lugar a una menor exposición del paciente a radiación, y también es el método de mayor precisión.

En los pacientes con disparidad en la longitud de los miembros se debe considerar la altura del pie. Es necesario realizar una radiografía lateral del pie con medición de la distancia entre el techo de la articulación del tobillo y la base del talón. También se debe obtener una radiografía lateral de todo el miembro inferior en hiperextensión, que es especialmente útil para determinar si la deformidad en flexión o en *recurvatum* se debe a un problema en los tejidos blandos o en los huesos.

La alineación global y la orientación de la articulación de la rodilla se pueden determinar en la proyección en bipedestación; sin embargo, para evitar el fenómeno de paralax es necesario definir la alineación articular de la cadera y el tobillo a partir de proyecciones ortogonales específicas de estas articulaciones. Si el paciente presenta laxitud ligamentosa, se debe obtener una proyección del miembro en apoyo monopodal con objeto de determinar la contribución de la laxitud a la desviación del eje mecánico. Para definir la alineación articular, el haz se debe centrar sobre la articulación considerada.

La relación entre el calcáneo (retropié) y la tibia se puede definir mejor mediante una proyección posteroanterior (PA), con el pie colocado en plano sobre la placa y el haz con una inclinación de 45° sobre la horizontal. Alternativamente, el haz se puede inclinar 20° sobre el plano horizontal y la placa, 20° sobre la vertical. Este método reduce la distorsión por levantamiento y facilita una medición de la relación calcáneo-tibia de carácter más anatómico.

ALTERACIONES DE LA ALINEACIÓN DE ORIGEN MECÁNICO

El eje mecánico del miembro se define como la línea trazada desde el centro de la cabeza femoral hasta el centro de la articulación del tobillo. Normalmente, esta línea es medial a la apófisis espinosa tibial medial de la rodilla. Cualquier desviación de esta línea implica que el miembro presenta una desviación de su eje; es decir, si la línea pasa por el compartimento medial de la rodilla, entonces el miembro presenta un varo global, mientras que si la línea es lateral a este compartimento, el miembro aparece en valgo global. Esta prueba no permite determinar la localización de la deformidad, solamente indica que el conjunto de todas las deformidades posibles hace que el miembro presente una posición normal, en varo o en valgo. La magnitud de la desviación del eje mecánico se puede determinar midiendo la distancia existente entre el centro de la rodilla y la línea del propio eje mecánico. La desviación del eje mecánico determina la intensidad de la alteración global y el efecto que causa sobre la articulación de la rodilla. Las deformidades que se originan en las proximidades de la rodilla son las que causan las desviaciones más importantes del eje mecánico, mientras que las deformidades originadas en el tobillo o la cadera pueden dar lugar a alteraciones en la orientación articular, pero no contribuyen en gran medida a la desviación del eje mecánico, como ocurre en el cuello femoral en varo o en el tobillo en valgo. De la misma manera, existen situaciones en las que el eje mecánico es normal cuando se traza desde el centro de la cadera hasta el centro del tobillo, pero las articulaciones en sí mismas pueden no ser paralelas entre sí o con respecto al suelo. Estas deformidades son periarticulares o intraarticulares, y es importante su reconocimiento.

Las deformidades se pueden originar en la tibia o el fémur; en las articulaciones de la cadera, la rodilla, el tobillo y subastragalina, o en cuadros de laxitud ligamentosa. La deformidad se puede definir en seis planos: angulación frontal, angulación sagital, angulación transversal (rotación), traslación transversal (longitud), traslación frontal (medial/lateral) y traslación sagital (anterior/posterior).

Para la evaluación de una alteración en la alineación, es necesario conocer la relación existente entre el eje de carga de la extremidad inferior en los planos coronal, sagital y transversal, así como la posición de las articulaciones (alineación articular). La carga dinámica sobre el miembro y la manera de caminar del paciente pueden modificar el efecto sobre la articulación y desplazar también el eje mecánico de ese miembro.

Todas las deformidades del miembro presentan un vértice que corresponde a la intersección de los ejes mecánicos o anatómicos que tienen direcciones proximal y distal. Así, un hueso puede presentar más de un vértice de deformidad; es lo que se denomina *deformidad multiapical* (figura 1).

ALINEACIÓN ARTICULAR

Para evaluar la deformidad del miembro se deben conocer la orientación de las articulaciones con respecto al fémur y a la tibia, y la relación de la articulación con el suelo. Es necesario el estudio de los tercios proximal y distal del fémur, de los tercios proximal y distal de la tibia, y de la cúpula del astrágalo. La nomenclatura relativa a los ángulos se recoge en la figura 2. En el adulto, en el que el trocánter mayor ya ha presen-



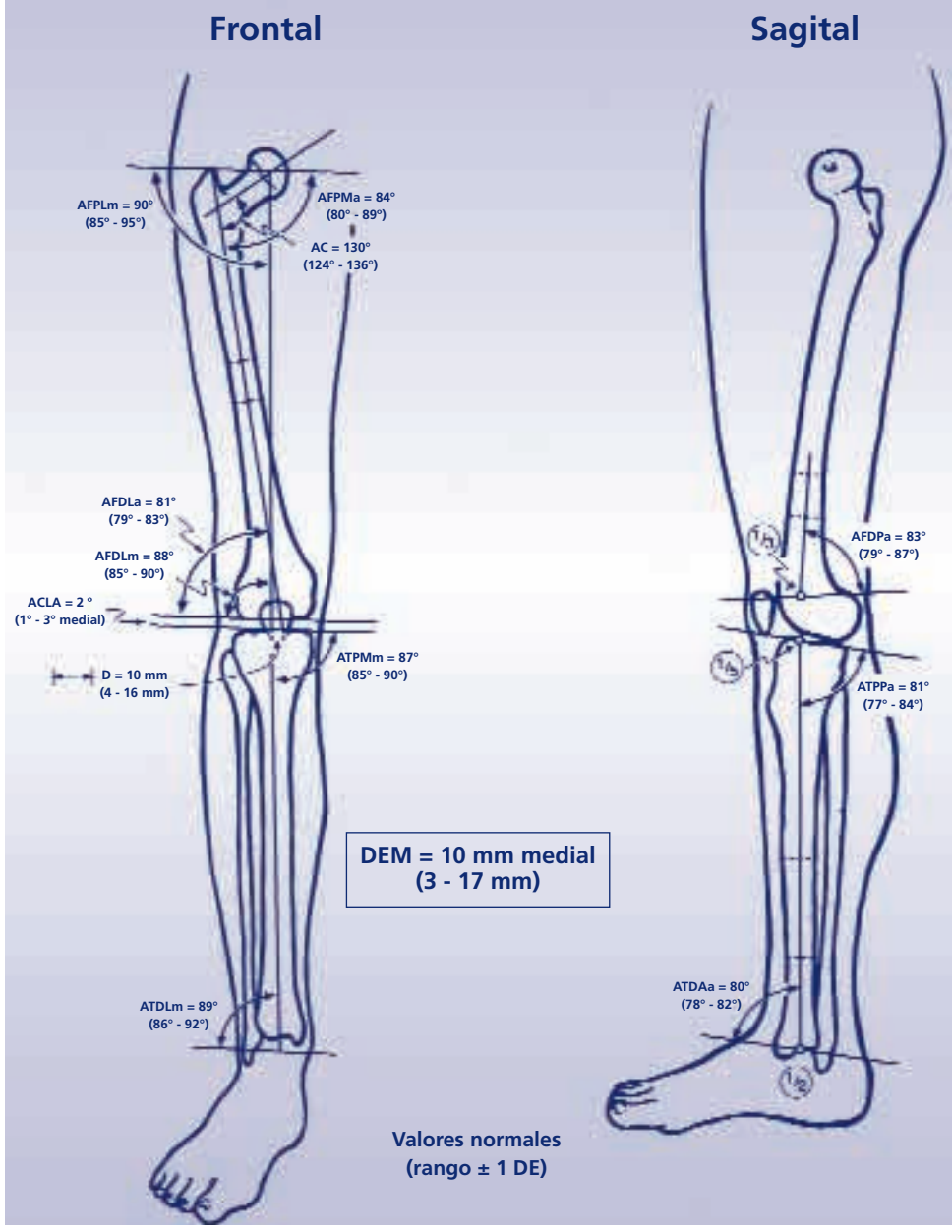
► **Figura 1** · Deformidad multiapical de la tibia con dos vértices señalados.

tado osificación, existe una línea trazada entre la punta del trocánter y el centro de la cabeza femoral que indica un ángulo de aproximadamente 90° con el eje mecánico. Desde el punto de vista anatómico, la línea diafisaria medial del fémur y la línea trazada entre la punta del trocánter y el centro de la cabeza femoral se cruzan en la fosa piriforme con un ángulo que tiene un valor medio de 84° . En los niños, en los que el trocánter mayor todavía no se ha osificado, se debe utilizar el ángulo cérvico-diafisario o se debe realizar la evaluación intraoperatoria con un alambre colocado entre la punta del trocánter no osificado y el centro de la cabeza femoral. El tercio distal del fémur muestra un ángulo de aproximadamente 88° en la parte lateral del eje mecánico, y muestra un eje anatómico de 81° . El tercio proximal de la tibia forma un ángulo de 88° en su parte medial. La parte distal de la tibia y el techo superior de la articulación del tobillo deben formar un ángulo de 90° con el plano anatómico en un plano coronal.

En el plano sagital también es importante la relación entre la articulación y la línea diafisaria. La línea trazada entre la intersección anterior del cóndilo lateral externo con la cortical anterior y la parte superior de los cóndilos posteriores (la parte plana de los cóndilos posteriores) se cruza con la línea diafisaria media aproximadamente en la unión del tercio anterior al tercio medio del fémur. En los niños, esta línea se puede trazar conectando las zonas anterior y posterior de la metáfisis con la línea diafisaria media; normalmente, el ángulo formado tiene un valor de 83° en dirección posterior.

En el plano sagital, la línea diafisaria media de la tibia cruza el platillo tibial un quinto por detrás de la cortical anterior, formando un ángulo de 81° con éste. La parte distal de la tibia forma un ángulo de 80° en dirección anterior con el

Mediciones estándar



► **Figura 2** · Mediciones estándar del eje mecánico y de la alineación articular. Los detalles se encuentran explicados en el texto. AFPLm = ángulo femoral proximal lateral mecánico; AFPMa = ángulo femoral proximal medial anatómico; AC = ángulo cérvico-diafisario; AFDLa = ángulo femoral distal lateral anatómico; AFDLm = ángulo femoral distal lateral mecánico; ACLA = ángulo de congruencia de la línea articular; ATPMm = ángulo tibial proximal medial mecánico; ATDLm = ángulo tibial distal lateral mecánico; AFDPa = ángulo femoral distal posterior anatómico; ATPPa = ángulo tibial proximal posterior anatómico; ATDAa = ángulo tibial distal anterior anatómico; DEM = desviación del eje mecánico; DE = desviación estándar. (© Maryland Limb Length Institute.)

eje anatómico en el plano sagital. Este ángulo permite la flexión dorsal del tobillo sin que tenga lugar un choque de estructuras óseas. Los valores de los ángulos que se están citando corresponden a cifras medias en la población general, y presentan variabilidad interindividual de unos pocos grados.

En los casos en los que la evaluación efectuada en un paciente indica que el lado contralateral es normal, se deben determinar y utilizar las mediciones articulares de éste para evaluar la deformidad del lado afectado. Estas líneas y ángulos pueden no ser muy precisos en los niños pequeños, en los que la osificación de las epífisis no es completa y en los que se debe realizar la corrección de una deformidad; en estos casos, puede ser útil la artrografía intraoperatoria.

PRUEBAS PARA LA DETERMINACIÓN DE ANOMALÍAS EN LA ALINEACIÓN

Las pruebas para determinar anomalías en la alineación consideran las deformidades en sus distintos componentes. Para determinar la alineación global y los ejes que atraviesan la rodilla y que ya se han comentado, se debe obtener una radiografía de toda la longitud del miembro en bipedestación.

Las radiografías simples del hueso(s) afectado(s) se deben obtener en proyecciones de 90° entre sí. Para determinar la desviación del eje mecánico se traza una línea desde el centro de la cabeza femoral hasta el centro del tobillo. En los casos en los que existe desviación del eje mecánico, la deformi-

dad se debe definir mediante un abordaje sistemático. Se trazan las líneas articulares y se miden con respecto a los ejes mecánico y anatómico, lo que determina cuál es el hueso(s) o articulación(es) implicado en la aparición de la deformidad.

El fémur se puede evaluar según su eje mecánico o según su eje anatómico. Se traza una línea desde el centro de la cabeza femoral hasta el centro de la rodilla. Se mide la línea articular con respecto a esta otra línea. Si el ángulo es normal, entonces la deformidad se origina al menos parcialmente en el fémur. Para localizar la deformidad, se pueden utilizar las líneas diafisarias medias, y el punto(s) de intersección será en donde esté localizada la deformidad. A partir de estas líneas diafisarias medias se deben medir las líneas articulares para descartar también deformidades metafisarias o intraarticulares. La deformidad metafisaria se puede definir mediante el trazado de una línea articular junto con su correspondiente línea diafisaria «normal». Esta línea se cruza con la línea diafisaria media en la zona donde se localiza la deformidad. El eje articular de la parte distal del fémur se debe determinar de manera mecánica a partir del centro de la rodilla, y de manera anatómica a partir de un punto 1 cm medial al centro.

El eje mecánico del fémur se puede utilizar para la definición de la deformidad y también para conocer la relación existente entre los ejes mecánico y anatómico. Si el paciente presenta una afectación bilateral, entonces se debe utilizar el valor medio del eje articular determinado en la población general. El eje mecánico tiene un valor medio de 7° en varo a partir del eje anatómico.

Los ejes anatómico y mecánico de la tibia son prácticamente el mismo (el eje anatómico es unos pocos milímetros medial al eje mecánico). La tibia se puede estudiar mediante el trazado de las líneas diafisarias medias con análisis de su intersección. Incluso en los casos en los que existe una deformidad diafisaria obvia, los ejes articulares se deben determinar a partir de las líneas diafisarias medias trazadas. En los pacientes con una deformidad diafisaria o metafisaria obvia, se debe descartar una deformidad intraarticular o supraarticular. Para ello se utiliza el mismo método que en el fémur, es decir, el trazado de las líneas articulares y de la línea normal entre la parte proximal de la tibia y su parte distal.

Las mediciones en el plano sagital se realizan de manera similar. El único requisito específico del plano sagital es la definición del centro de rotación de la rodilla, que se establece como el punto de intersección de una línea paralela a la cortical posterior del fémur con el punto medio de los cóndilos, considerándolos en forma de círculo. En la radiografía lateral de la rodilla los cóndilos muestran solapamiento, lo que hace necesario efectuar esta técnica de imagen con rotación externa de unos pocos grados.

DEFORMIDAD EN PLANO OBLICUO

En los planos coronal o sagital, exclusivamente, existen pocas deformidades aparte de las de origen yatrógeno; la mayor parte de las deformidades tienen lugar entre ambos planos. Por ejemplo, la enfermedad de Blount del adolescente tiene lugar con localización anterolateral del vértice de la deformidad. Por tanto, si se realiza la corrección en el plano coronal (la deformidad en varo), queda una deformidad residual. Las deformidades que no se pueden localizar de manera exclusiva en el plano coronal o el plano sagital se han denominado *deformidades en plano oblicuo*.

La deformidad en plano oblicuo se observa con mayor frecuencia en la población pediátrica y a menudo puede simular clínicamente una deformidad rotacional. La enfermedad de Blount del adolescente se localiza en el plano anterolateral y a menudo simula una rotación interna del miembro. La radiografía obtenida en rotación interna muestra una proyección con la deformidad máxima. Esta radiografía debe ser analizada junto con las radiografías ortogonales anteroposteriores (AP) y laterales de la tibia. La magnitud y la dirección de la deformidad se pueden evaluar mediante un gráfico simple (figura 3). Es esencial en conocimiento de todos los componentes de la deformidad en todos los planos.

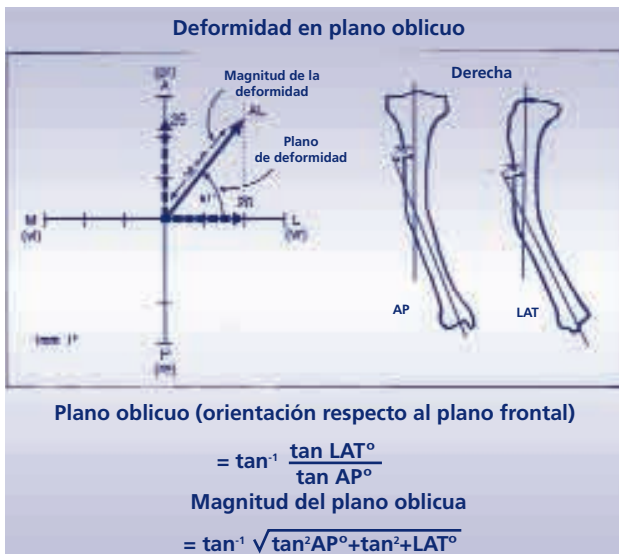
DEFORMIDAD MULTIAPICAL

La evaluación y el tratamiento de la deformidad multiapical es un proceso específico que requiere el conocimiento de las diversas opciones terapéuticas. La etiología de la deformidad multiapical puede ser una anomalía congénita con deformidad secundaria que restablece el eje mecánico, o puede ser sencillamente un arqueamiento amplio, como ocurre en el raquitismo y en la osteogénesis imperfecta. Un ejemplo de la primera posibilidad es el arqueamiento anterolateral con deformidad secundaria en varo de la parte proximal de la tibia. La intensidad de la deformidad y del arqueamiento, así como los niveles de la propia deformidad, son los factores que indican la evaluación que se debe realizar. Existe una deformidad multiapical cuando el vértice de la deformidad está fuera del hueso, y también cuando existe una deformidad supraarticular o metafisaria además de la deformidad primaria obvia.

La deformidad se puede definir mediante la conexión entre sí de las líneas diafisarias medias. Cuanto mayor es la longitud del arco formado, mayor es el número de líneas que se deben trazar y mayor el de vértices que definir. La deformidad también se puede considerar como un ángulo simple trazado desde las líneas de orientación articular normal hacia arriba y hacia abajo (figura 4, A). El número de vértices no define el número de osteotomías que se deben realizar; este número queda determinado por la magnitud y la dirección de la curva, así como por la situación clínica. Por tanto, en ocasiones la deformidad multiapical se puede tratar mediante el restablecimiento del eje mecánico con una única osteotomía (figura 4, B) que resuelve todas las deformidades, o bien mediante dos osteotomías, una de ellas proximal y la otra distal al ángulo de resolución de la deformidad.

LAXITUD ARTICULAR/DEFORMIDAD POR CONTRACTURA

La laxitud articular secundaria a laxitud ligamentosa alrededor de la rodilla es muy frecuente en varios tipos de deformidades. Es esencial determinar si la contribución de la desviación del eje mecánico es debida a la deformidad ósea o debida a la laxitud ligamentosa o a la contractura. Las deformidades en varo alrededor de la rodilla pueden ser debidas a laxitud del ligamento colateral interno, del ligamento colateral externo o de ambos. La posición del miembro en apoyo monopodal es útil para determinar la contribución de la laxitud ligamentosa a la deformidad global. El tratamiento de la laxitud articular se puede realizar mediante la corrección de la deformidad con



► **Figura 3** · Mediciones y gráfica en el plano oblicuo. LAT = lateral; AP = anteroposterior; tan = tangente. (© Maryland Limb Length Institute.)

estiramiento directo o indirecto de los ligamentos (como con el transporte peroneal para tensar el ligamento colateral externo). La corrección de la laxitud mediante la sobrecorrección de la alteración de la alineación ósea se debe efectuar con prudencia debido a que el resultado puede ser una línea articular oblicua, con aparición de fuerzas de cizallamiento en la articulación.

La deformidad articular puede ser debida a una depresión intraarticular, como ocurre en las fracturas del platillo tibial o en la enfermedad de Blount grave y no tratada. Al estudiar la alineación global del miembro es necesario evaluar este factor contribuyente. Puede ser necesaria la corrección intraarticular más que la realización de una osteotomía por debajo de la deformidad.

La evaluación de una contractura en flexión de la rodilla requiere la realización de una radiografía lateral que incluya la rodilla, el tercio proximal de la tibia y el tercio distal del fémur. Puede ser útil la radiografía lateral del miembro inferior en hiperextensión. En la radiografía lateral en extensión máxima de la rodilla se traza una línea sobre el borde anterior del fémur distal y una línea anterior en la parte proximal de la tibia. Estas líneas se cruzan y definen el grado de la deformidad lateral. Después, se efectúan mediciones en el plano sagital del fémur distal y de la tibia proximal. Una forma sencilla de evaluar esta deformidad es la consideración de que la contractura aparente en flexión o extensión puede ser de origen óseo, de origen en tejidos blandos o de origen en ambos. La deformidad articular total equivale a la contractura de los tejidos blandos más la angulación ósea. Este hecho es especialmente importante en las contracturas en flexión de la rodilla para determinar la contribución de los tendones isquiotibiales y de la tensión capsular en comparación con la contribución de la alteración en la alineación ósea.

La evaluación del tobillo en valgo también obliga a diferenciar el valgo de la articulación del tobillo, la alteración en la orientación de la línea articular, la deformidad subastragalina y la deformidad ósea de la parte distal de la tibia. El

tobillo en valgo se puede evaluar mediante una radiografía en bipedestación de la parte distal de la tibia en la que aparezca incluido el tobillo. Las radiografías en bipedestación de todo el miembro no tienen un grado suficiente de precisión para evaluar la deformidad del tobillo debido al fenómeno del paralax.

DEFORMIDAD POR TRASLACIÓN

Cuando las líneas anatómicas de intersección no se cruzan en una zona de deformidad obvia, entonces existe una segunda deformidad, que no es tan obvia, o bien en la deformidad original hay un componente de traslación. La deformidad por traslación aislada es la más difícil de diagnosticar y a menudo requiere la aplicación de técnicas novedosas para su tratamiento.

La definición de la deformidad por traslación pura se define por un paralelismo de los ejes mecánicos con las líneas de la articulación normal con desviación sostenida del eje mecánico. Este contexto puede ocurrir, por ejemplo, en la osteotomía derrotativa en varo de la cadera sin desplazamiento medial del fragmento distal. En la rodilla se puede observar un momento en varo incluso aunque la angulación de la articulación de la rodilla sea normal. Puede ser necesaria la corrección mediante una osteotomía de traslación o mediante una osteotomía doble. En la primera osteotomía de la técnica doble se crea una deformidad y, después, la corrección de la deformidad en una zona diferente permite corregir tanto la nueva deformidad creada como la traslación preexistente.

DEFORMIDAD ROTACIONAL

La evaluación de una deformidad rotacional pura o de una deformidad en la que existe un componente rotacional se suele efectuar por medios clínicos. La intensidad de la rotación del fémur se comprueba mejor con el paciente en decúbito prono mientras el clínico explora la rotación interna y externa de la cadera colocando una mano en el trocánter mayor ipsilateral del paciente. Cuando el trocánter queda paralelo al suelo, esta situación representa un desplazamiento de la cadera. La TC permite definir con detalle el grado de angulación femoral y acetabular para la planificación preoperatoria.

La rotación de la tibia se puede efectuar por medios clínicos mediante el uso del eje bimaleolar y del ángulo de progresión del pie. El traumatólogo no debe confundirse por una deformidad en plano oblicuo que aparece como una rotación de la tibia.

CORRECCIÓN DE LA DEFORMIDAD DE LAS EXTREMIDADES

La corrección de la deformidad de la extremidad es más sencilla cuando el cirujano puede corregir una deformidad de nivel único en la zona de la propia deformidad. Esto no siempre es posible debido a la posible existencia de alteraciones en la piel o los tejidos blandos, o debido a que la deformidad es supraarticular o se localiza a nivel de la metafisis. Por tanto, a menudo lo mejor es la corrección en alguna zona alejada de la



► **Figura 4** · **A:** Deformidad resultante a causa de la deformidad multiapical, con indicación del vértice lateral respecto a la tibia. **B:** Corrección de la deformidad mediante una única osteotomía.

propia localización de la deformidad. Si se necesita el establecimiento del eje mecánico mediante una osteotomía alejada del vértice de la deformidad, entonces es esencial la traslación del hueso hacia el eje mecánico. Las osteotomías, como la osteotomía en cúpula, utilizan este principio para conseguir el arco de traslación y la angulación necesarios. Cuando el eje mecánico se restablece mediante una osteotomía efectuada en alguna zona alejada de la deformidad y no se realiza traslación, entonces la angulación dará lugar necesariamente a una línea articular oblicua. Esta situación debe evitarse. Por ejemplo, en la enfermedad de Blount infantil el centro de la deformidad suele estar a nivel de la fisis y, por tanto, es necesaria una osteotomía en valgo efectuada lejos de la deformidad. La corrección de la angulación se debe efectuar con el ángulo determinado en la deformidad, y es necesario realizar la traslación lateral hacia el eje mecánico. De esta manera, se consigue que las líneas articulares sean paralelas y que tenga lugar el restablecimiento del eje mecánico.

Cuando se realiza la corrección angular en los niños, es necesario considerar el potencial de crecimiento futuro. La presencia de un crecimiento asimétrico continuo da lugar a la recidiva de la deformidad. A menudo, el uso de dispositivos de epifisiodesis impide la recidiva de la deformidad en el niño en crecimiento. Los objetivos principales de la corrección de la deformidad son el restablecimiento del eje mecánico, el paralelismo de las superficies articulares y la persistencia de la corrección; además, siempre que sea posible se debe intentar que el hueso largo permanezca recto, como objetivo secundario.

BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

Heijens E, Gladbach B, Pfeil J. Definition, quantification, and correction of translation deformities using long leg, frontal plane radiography. *J Pediatr Orthop* 1999; 8: 285-291.

Descripción detallada de la evaluación y tratamiento específicos de las deformidades por traslación en la extremidad inferior.

BIBLIOGRAFÍA CLÁSICA

Chao EY, Neluheni EV, Hsu RW, Paley D: Biomechanics of malalignment. *Orthop Clin North Am* 1994; 25: 379-386.

Cooke TD, Li J, Scudamore RA: Radiographic assessment of bony contributions to knee deformity. *Orthop Clin North Am* 1994; 25: 387-393.

Green SA, Green HD: The influence of radiographic projection on the appearance of deformities. *Orthop Clin North Am* 1994; 25: 467-475.

Henderson RC, Kemp GJ: Assessment of the mechanical axis in adolescent tibia vara. *Orthopedics* 1991; 14: 313-316.

Hollister AM, Jatana S, Singh AK, Sullivan WW, Lupichuk AG: The axes of rotation of the knee. *Clin Orthop* 1993; 290: 259-268.

Moreland JR, Bassett LW, Hanker GJ: Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. *J Bone Joint Surg Am* 1987; 69: 745-749.

Paley D, Herzenberg JE, Tetsworth K, McKie J, Bhav A: Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies. *Orthop Clin North Am* 1994; 25: 425-465.

Paley D, Bhatnagar J, Herzenberg JE, Bhav A: New procedures for tightening knee collateral ligaments in conjunction with knee realignment osteotomy. *Orthop Clin North Am* 1994; 25: 533-555.

Puno RM, Vaughan JJ, Stetten ML, Johnson JR: Longterm effects of tibial angular malunion on the knee and ankle joints. *J Orthop Trauma* 1991; 5: 247-254.

Saltzman CL, el-Khoury G: The hindfoot alignment view. *Foot Ankle Int* 1995; 16: 572-576.

Wright JG, Treble N, Feinstein AR: Measurement of lower limb alignment using long radiographs. *J Bone Joint Surg Br* 1991; 73: 721-723.