

Análisis para la corrección de las deformidades óseas adyacentes a la rodilla

Deformidades en el plano frontal (I)

Wolf Strecker^a

Resumen

El análisis de las deformidades de las extremidades inferiores alrededor de la rodilla se basa en una exploración clínica estandarizada y en una radiografía telemétrica de extremidades inferiores (AP), que se pueden complementar con unas radiografías enfocadas o radiografías forzadas.

La caracterización de la deformidad para planificar una osteotomía de corrección consiste en un principio basado en seis pasos:

1. Dibujo de los puntos de referencia anatómicos.
2. Establecimiento de los ejes de carga.
3. Determinación de los ejes y los ángulos alrededor de la articulación de la rodilla.
4. Determinación del objetivo de la corrección.
5. Decisión sobre la técnica de osteosíntesis y la altura de la osteotomía.
6. Medida del ángulo de corrección

Todos los pasos se expondrán respecto a una deformidad en valgo y a una en varo.

Palabras clave

Deformidades de las extremidades alrededor de la rodilla plano frontal análisis planificación osteotomía de corrección.

Operat Orthop Traumatol 2006;18:259-72

^aKlinik für Orthopädische Chirurgie und Unfallchirurgie, Klinikum Bamberg.

Notas preliminares

Las deformidades alrededor de la rodilla, tanto sean congénitas como adquiridas, son frecuentes. En primer lugar hallamos aquellas que afectan en el plano frontal como son el genu varo y el genu valgo. Las desviaciones en las otras dimensiones del espacio como las deformidades en el plano sagital (deformidades en ante- y recurvatum), y en los planos horizontal o transversal (traslaciones) así como las desviaciones torsionales o longitudinales son en su conjunto más raras. Por ello se limita el siguiente estudio a la valoración en el plano de las desaxaciones en el plano frontal.

Las desaxaciones cercanas a la rodilla en el plano frontal producen alteración en la distribución de cargas en el eje femorotibial. Ello se localiza en el compartimiento interno en la deformidad en genu varo y en el compartimiento externo en la deformidad en genu valgo. Como consecuencia de esta sobrecarga o carga anómala aparece desde la lesión condral y la lesión de menisco hasta la artrosis unilateral grado IV^{3,5}. Por ello cualquier desviación en el eje tiene que considerarse como una preartrosis.

Teniendo en cuenta los hallazgos intraarticulares, la edad biológica del paciente, su perfil de actividad y sus tendencias deportivas se ha de decidir si tiene beneficios a medio y largo plazo una osteotomía de corrección cercana a la rodilla o si por el contrario está más indicada una artroplastia. Debido a los avances tanto en la prótesis, por ejemplo con la navegación, como en las osteotomías, por ejemplo en el uso de implantes de ángulo fijo, la decisión terapéutica es hoy nueva y se puede adaptar más a las necesidades del paciente. En determinados casos esto sólo se puede decidir tras los hallazgos respecto del cartílago en una artroscopia. En caso de criterios primarios para una sustitución protésica como la edad avanzada del paciente, una pangonartrosis grado IV, etc. se pueden obviar evidentemente dichas consideraciones.

La indicación de una osteotomía de corrección se desarrolla a través de un proceso diagnóstico y de planificación. Se sugiere los siguientes pasos para las deformidades alrededor de la rodilla:

- Diagnóstico clínico e iconográfico habitual.
- Análisis gráfico de la deformidad y la planificación de la corrección.
- Artroscopia inmediatamente anterior a la osteotomía de corrección.

Diagnóstico clínico y radiológico (figs. 1 y 2)

Las líneas básicas, las definiciones y los valores normales de la geometría de las piernas se hallan representados en la bibliografía^{4,5}.

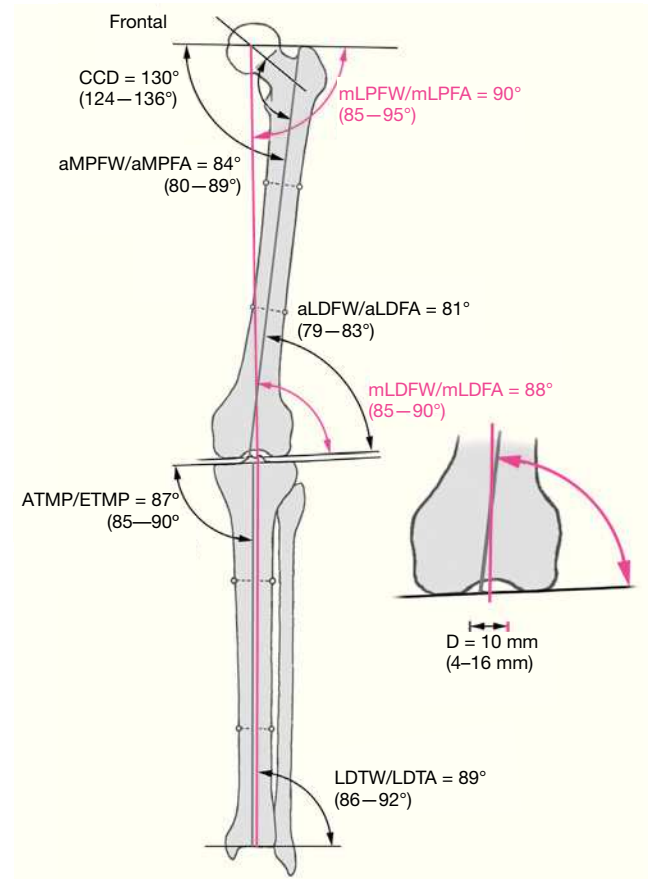
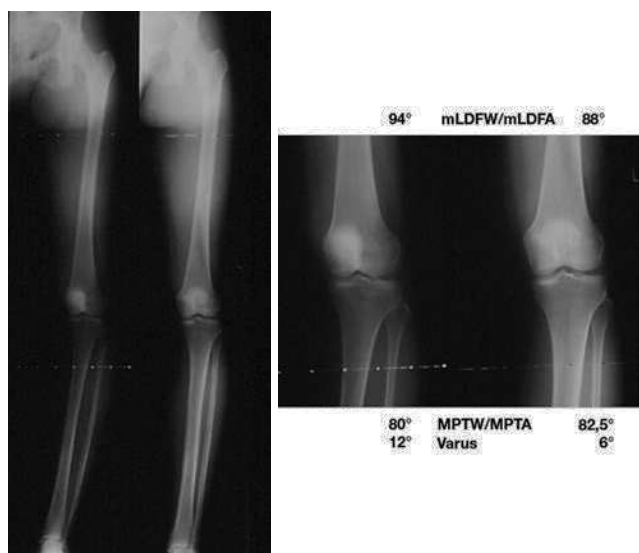


Figura 1 Relaciones de ejes y de ángulos articulares fisiológicos de la extremidad inferior en el plano frontal (después de leves modificaciones y con el amable consentimiento de D. Paley y K. Tetsworth, Maryland Center for Limb Lengthening and Reconstruction, BaltimoreMD, USA^{4,5}). Los ejes mecánicos (en rojo) conectan por tanto los centros articulares como son el de la cadera y la rodilla en el eje mecánico del fémur o el de la rodilla y el tobillo como ocurre en el eje mecánico de la tibia. De forma fisiológica los ejes mecánicos del fémur y la tibia no se hallan alineados en una línea recta sino que forman más bien un ángulo de 1,2° de varo. El eje mecánico de la extremidad inferior, es decir el que une el centro de la cadera con el centro del tobillo atraviesa la rodilla algo medial respecto al punto central de la rodilla aproximadamente a nivel de la espina tibial medial. Los ejes anatómicos se definen por los puntos medios de la diáfisis. Los puntos de referencia para definirlos deberían hallarse en secciones de la diáfisis tan rectas y tan distantes entre sí como fuera posible. Los ejes anatómico y mecánico del fémur constituyen un ángulo fisiológico de 7°. El eje anatómico del fémur atraviesa la rodilla unos 10 mm (4-16 mm) medial respecto al centro de la rodilla. El eje anatómico de la tibia transcurre paralelo al eje mecánico y se halla ligeramente más medial. Debido a su disposición paralela de ambos ejes tibiales los respectivos ángulos articulares, es decir el ángulo tibial medial proximal (ATMP) y el ángulo tibial medial distal (ATMD) son prácticamente idénticos. Se hallan más definiciones de valores de ejes del plano frontal y sus ángulos de forma esquematizada en la tabla 1.


Figura 2

Proyección errónea del ángulo básico de rodilla AFmLD (ángulo femoral mecánico lateral distal) y del ATMP (ángulo tibial medial proximal) por rotación anómala en el momento de realizar la radiografía telemétrica en bipedestación. Con la radiografía en la posición correcta se aprecia la rótula centrada y la tangente posterior de los cóndilos tibiales es paralela al plano de la radiografía.

Los ángulos tomados en la radiografía con la posición incorrecta difieren ostensiblemente de los ángulos tomados de la posición correcta de la derecha. Es particularmente llamativo el fallo en la determinación del eje mecánico femorotibial izq. Que aparece a la izquierda con 12° y a la derecha con el ángulo correcto de 6°.

Esto es válido incluso para *el análisis clínico de la geometría de las piernas*. Ello debe comprender todas las dimensiones en el espacio, es decir las desviaciones de los ejes en los tres planos anatómicos incluyendo las relaciones longitudinales y torsionales de la pierna y el muslo.

La *alineación axial en el plano frontal* se obtiene de la observación del paciente en bipedestación desde delante y

desde atrás. Se ha de tener en cuenta de la valoración de ejes neutrales sagitales en una visión lateral, es decir descartar o documentar un genu ante- o recurvatum. Un genu antecurvatum puede crear la ilusión de unas piernas en X o un genu recurvatum puede hacerlo de unas piernas en O.

Las desviaciones en el plano frontal se pueden confundir también con deformidades torsionales. Un aumento importante de la rotación externa tibial así como la rotación interna del fémur pueden aparentar unas piernas en X y una torsión tibial interna así como una torsión femoral externa pueden simular unas piernas en O. en caso de sospecha clínica de una deformidad torsional marcada, por ejemplo por un déficit de rotación a cero de la rodilla o de la cadera, se puede confirmar bien por TAC, bien por ecografía^{1,6}.

Las inestabilidades de los ligamentos colaterales pueden confundirse con desalineaciones anatómicas en varo o valgo. Para descartarlo se ha de examinar el paciente en la camilla de exploración que sea accesible desde los dos lados y decúbito supino. Al colocar la extremidad en posición neutra en el plano sagital desaparece la influencia del ante- y recurvatum sobre la alineación en el plano frontal. En esta posición se puede documentar el arco de movilidad de la cadera, la rodilla y el tobillo. Es de importancia capital reconocer el déficit de extensión de estas articulaciones así como el exceso de extensibilidad o el recurvatum de la rodilla.

Conjuntamente con la exploración física estandarizada, el *diagnóstico radiológico convencional* supone la piedra angular del análisis de la geometría de las piernas. Para la valoración de los ejes anatómicos y mecánicos de las piernas así como los ángulos entre las articulaciones de la cadera, la rodilla, y el tobillo es obligada la *radiografía telemétrica de extremidades inferiores en carga de pie* con técnica estandarizada. En este proceso es de vital importancia la alineación paralela del plano de los cóndilos femorales con el plano del chasis de la radiografía. Esto se consigue fácilmente con la alineación frontal de las rótulas

Tabla 1

Ejes fisiológicos y relaciones de ángulos de la extremidad inferior en el plano frontal^{4,5}

Ángulo	Valor normal (°)	Variación estadística (°)	
CCD	Ángulo centrum-collum-diáfisis	130	124-136
AFaMP	Ángulo femoral anatómico medial proximal	84	80-89
AFmLP	Ángulo femoral mecánico lateral proximal	90	85-95
AFaLD	Ángulo femoral anatómico lateral distal	81	79-83
AFmLD	Ángulo femoral mecánico lateral distal	88	85-90
ATMP	Ángulo tibial medial proximal	87	85-90
ATLD	Ángulo tibial lateral distal	89	86-92

en extensión neutra de la rodilla. Dicha posición se asocia por lo común con una rotación externa del pie de unos 8-10°. En casos raros como pueda ser una deformidad importante o un desequilibrio marcado femoropatelar no se utilizarán las patelas como referencia.

Las desviaciones torsionales pueden llevar a errores importantes en las proyecciones radiológicas por lo que se han de tener en cuenta. Incluso por su rotación la anteversión femoral puede dar lugar a diferentes proyecciones. La colocación no fisiológica en el plano rotacional en la cadera o la rodilla puede alterar también los ángulos proyectados en las articulaciones. Ello se aplica especialmente en los ángulos del fémur y la tibia en la rodilla.

En caso de aumento de rotación interna se proyecta la rodilla como progresivamente valga y en caso de rotación externa como vara.

En caso de rotación interna el cóndilo femoral medial aparece empequeñecido y el lateral engrandecido, la proyección de la meseta tibial medial aparece más marcada. Con la alteración del cóndilo el espacio articular puede aparecer falsamente disminuido. En caso de rotación externa estos cambios aparecen invertidos. En caso de proyección ortograda neutral la cabeza del peroné se tapa por la tibia proximal en un tercio de su silueta. En caso de rotación externa la tibia sobrepasa la cabeza del peroné y en caso de proyección en rotación interna la cabeza del peroné aparece en proyección libre.

Las diferencias de una pierna a otra que se aprecien en las radiografías telemétricas se pueden compensar mediante el uso de tablillas.

Finalmente se ha de comprobar que las radiografías estén correctamente centradas en la rodilla.

Ocasionalmente se requieren radiografías especiales. Especialmente para deformidades cercanas a la rodilla y para planificar osteotomías de corrección son necesarias radiografías dirigidas. En deformidades de la rodilla se recomiendan, por ejemplo, radiografías largas de rodilla en dos planos. Se aprecia de esta manera tanto el tercio distal de muslo como el tercio proximal de pierna. La rodilla aparece así proyectada por el haz central del rayo sin distorsión.

Las laxitudes de los ligamentos colaterales con las correspondientes inestabilidades medial y lateral se pueden evidenciar con escopia o bien mediante proyecciones forzadas.

Análisis de planificación de la deformidad y planificación de la osteotomía de corrección (figs. 3 a 8)

La base para el análisis en el plano de desviaciones de las extremidades en el plano frontal son las radiografías mencionadas antes, las radiografías telemétricas de extre-

midad inferiores en proyección anteroposterior (AP). La caracterización de una deformidad y la planificación de la osteotomía de corrección se derivan de los principios del análisis real en seis pasos:

1. Referencias anatómicas.
2. Ejes de carga.
3. Ángulos de ejes y articulares.
4. Objetivo de corrección.
5. Altura de osteotomía.
6. Ángulo de corrección.

Todos los pasos se ilustran sobre una deformidad en valgo (figs. 3a a 8a) y en una deformidad en varo (figs. 3b a 8b).

Paso 1: referencias anatómicas

Figuras 3a y b

Paso 2: ejes de carga

Figuras 4a y b

Paso 3: ángulos de ejes y articulares

Figuras 5a y b

Paso 4: objetivo de la corrección

Figuras 6a y b

Paso 5: altura de la osteotomía

Figuras 7a y b

Paso 6: ángulo de corrección

Figuras 8a y b

Parámetros

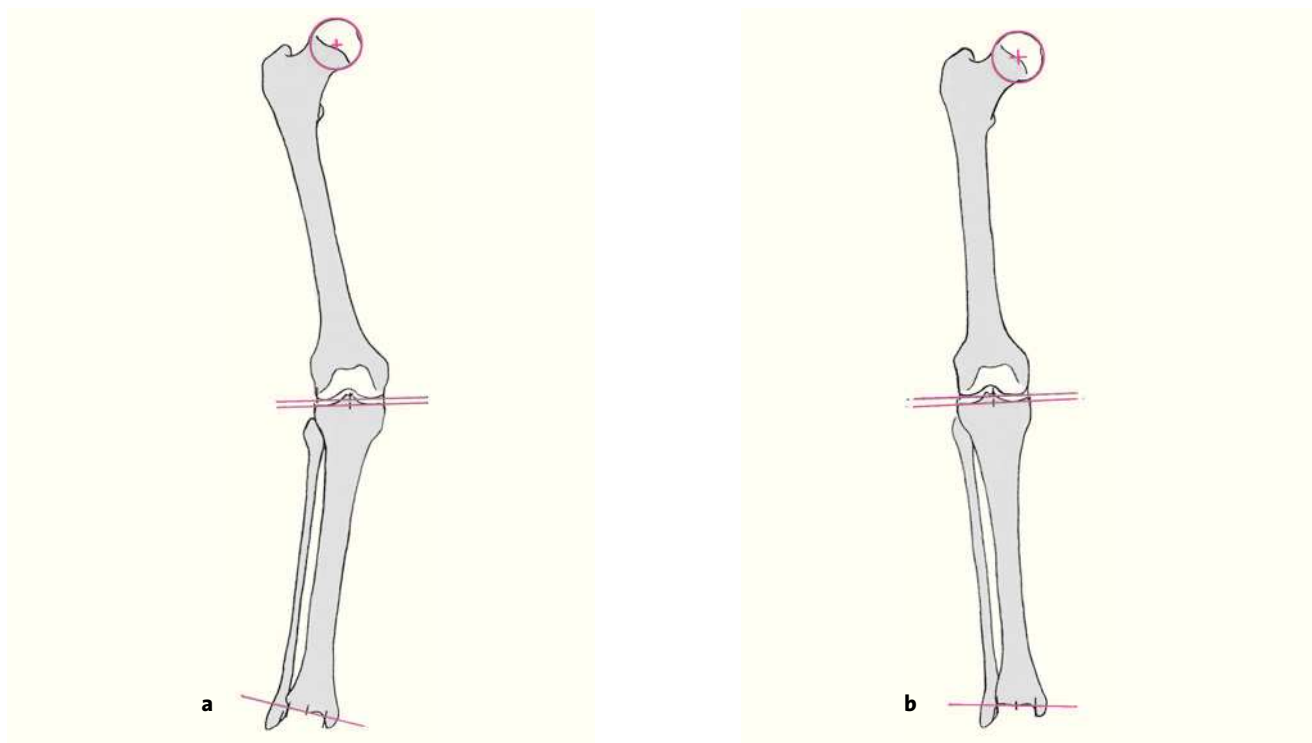
La extensión e indicación de cada osteotomía de corrección se ha de decidir teniendo en cuenta unas consideraciones generales y también especiales que pueden modificar la planificación.

Parámetros generales

- Calidad local de partes blandas y óseas.
- Estabilidad ligamentosa.
- Balance muscular.
- Factores de riesgo sistémicos: diabetes mellitus, arterioesclerosis, inmunosupresores, tabaquismo, etc.
- Expectativas funcionales y estéticas del paciente.
- Capacidad del paciente para el trabajo en equipo.

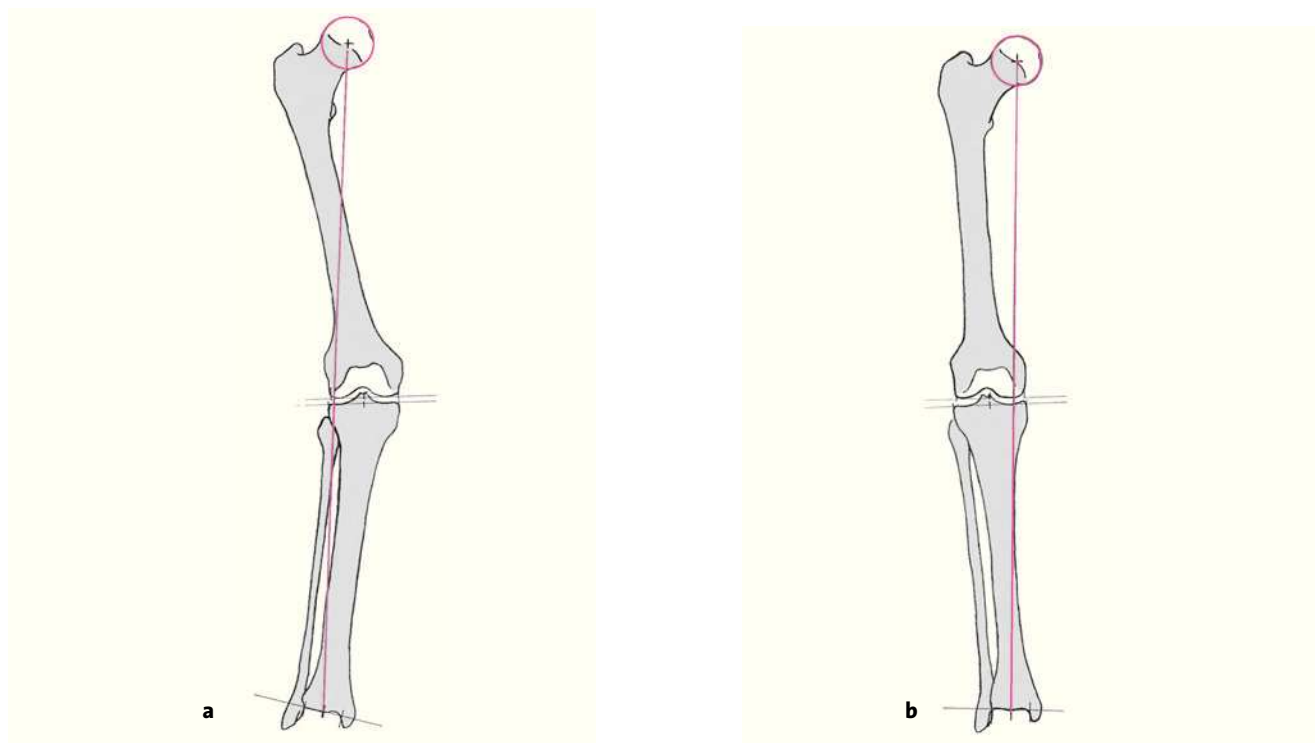
Parámetros especiales

Los parámetros especiales se basan en las condiciones locales. Para desaxaciones en el plano frontal cercanas a la rodilla son:



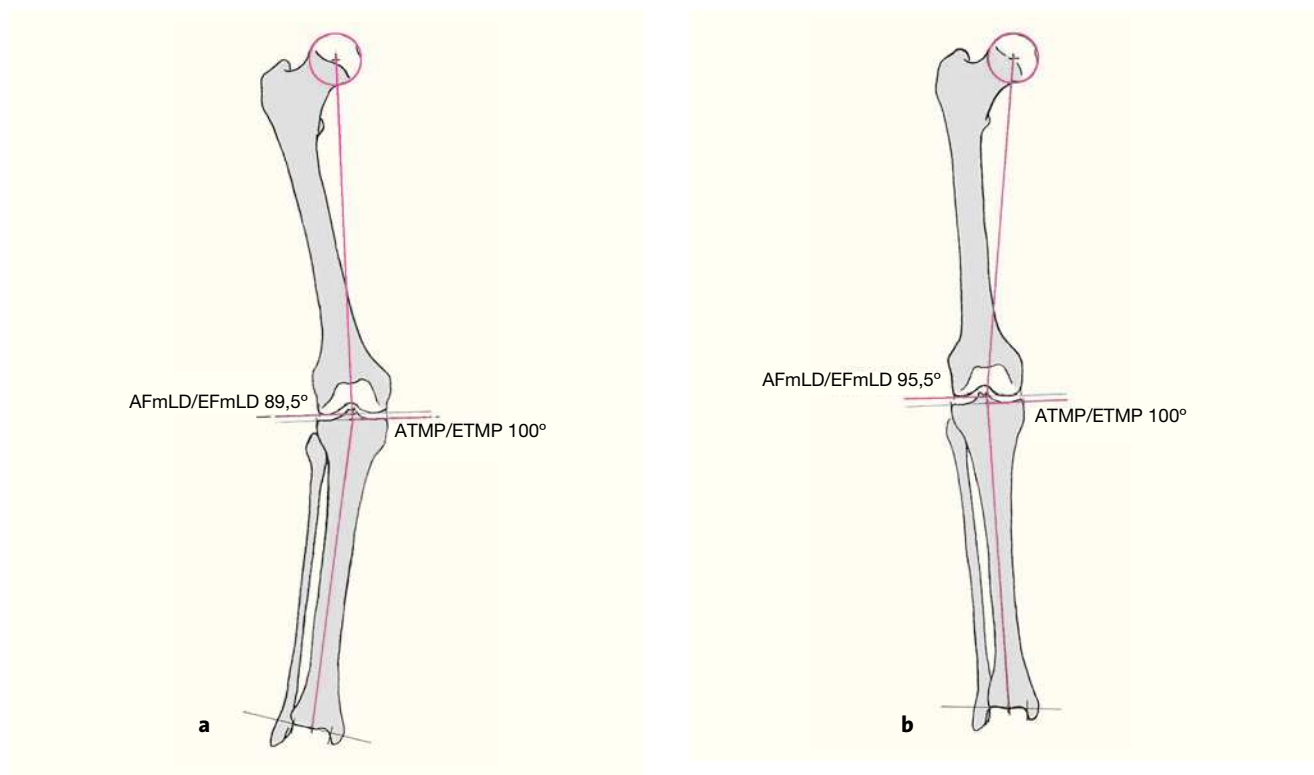
Figuras 3a y b

En la radiografía telemétrica frontal se marcan con lápiz los centros anatómicos de la cadera, la rodilla y la articulación tibioastragalina. A nivel de la cabeza del fémur se utilizará el coxómetro para determinar el centro de la misma. La aproximación es insuficiente. La determinación del centro de la rodilla y el tobillo se inicia marcando la línea articular femoral y tibial en la rodilla y la línea articular tibial en el tobillo. Entonces se marca los límites medial y lateral óseos. Se han de despreciar las posibles ampliaciones, sobre todo a nivel de la meseta tibial, por osteofitos. A continuación se marca el punto medio a nivel de la rodilla y el tobillo. Si no coincidieran el punto medio tibial y femoral a nivel de la rodilla se buscaría el punto medio entre ambos. Todas las referencias anatómicas descritas han de marcarse con la máxima precisión.



Figuras 4a y b

La línea de conexión entre el centro de la cadera y el tobillo constituye el eje de carga mecánico de la extremidad inferior. Atraviesa de forma fisiológica la rodilla unos 5 mm medial al centro de la misma y pasa aproximadamente por la espina tibial medial. La desviación del eje de carga lateral o medial al centro determinado de la rodilla especifica la desviación en valgo o en varo.



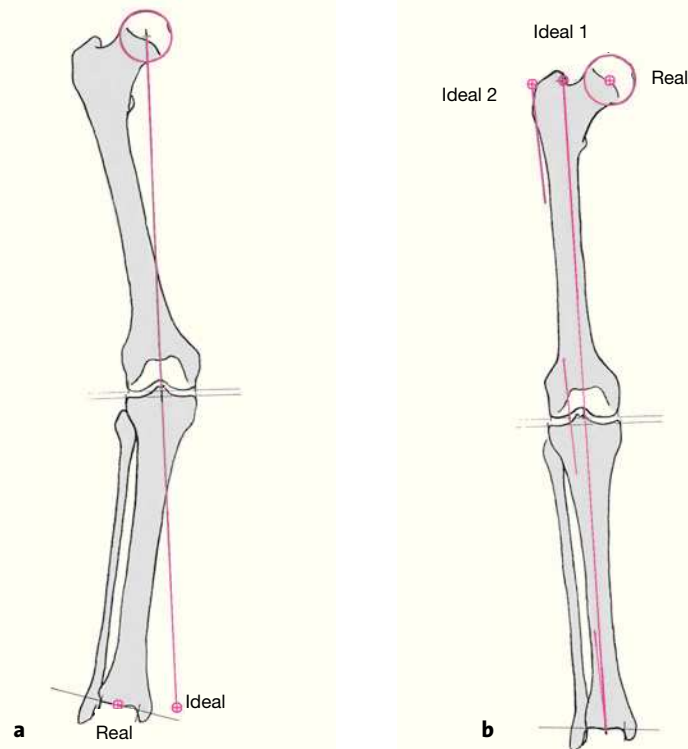
Figuras 5a y b

El análisis descrito hasta ahora define la desviación en valgo o en varo. Falta determinar si esta desviación es de origen femoral o tibial. La localización de la deformidad vendrá dada por los ángulos de los ejes y de las articulaciones. Aquí utilizaremos la nomenclatura modificada de Paley^{4,5}. Los ángulos de base femoral y tibial se definen por las correspondientes líneas base articulares y los consiguientes ejes mecánicos. Se denominan como ángulo femoral mecánico lateral distal (AFmLD) y ángulo tibial medial proximal (ATMP). Una desviación de los valores normales (85-90°) permiten reconocer la parte alterada de la extremidad inferior. El ángulo entre el eje mecánico femoral y tibial marca al mismo tiempo la desviación de la norma. El ángulo femorotibial mecánico fisiológico es de 1,2° en varo.

a) El AFmLD es de 89,5° con lo cual permanece dentro de la norma mientras que el ATMP es de 100° con lo cual se desvía de forma notable. Con ello concluimos que la deformidad en valgo se debe a la tibia. Resulta en un ángulo femorotibial mecánico en valgo de 10°.

b) El ángulo ATMP con 89° se puede considerar normal mientras que el AFmLD se destaca como patológico con 95,5°.

La deformidad en varo se atribuye al fémur y allí se ha de corregir. El ángulo femorotibial mecánico es de 8° en varo y por tanto se aleja de la norma de 1,2°.



Figuras 6a y b

El objetivo de la corrección (ideal) debería decidirse siempre en función del extremo del eje mecánico de la extremidad inferior.

En el caso de deformidades tibiales el eje mecánico se determinaría de forma anterógrada sobre el fémur sano. En caso de deformidades femorales con una tibia sin alteraciones el eje mecánico se definiría de una forma retrograda.

En la práctica el objetivo de la corrección en las deformidades tibiales se establece dibujando el eje mecánico de carga, es decir la línea que une el centro de la cadera con el centro del tobillo. El objetivo de la corrección, es decir la posición ideal del centro de la articulación tibioastragalina, se determina de forma anterógrada por el eje mecánico de la extremidad inferior. En caso de una extremidad inferior equilibrada la distancia entre el centro de la rodilla será igual antes y después de la corrección (a). En caso de deformidades femorales se recomienda una planificación retrógrada: el eje mecánico de la extremidad inferior se definirá por el centro de la rodilla y el centro del tobillo y de allí se prolongará a proximal. La posición deseada del centro de la cabeza femoral se obtendrá de aplicar la distancia del centro de la rodilla al centro real de la cabeza femoral sobre la línea definida por el eje mecánico antes definido. Así se determinará el centro ideal de la cabeza femoral (b).

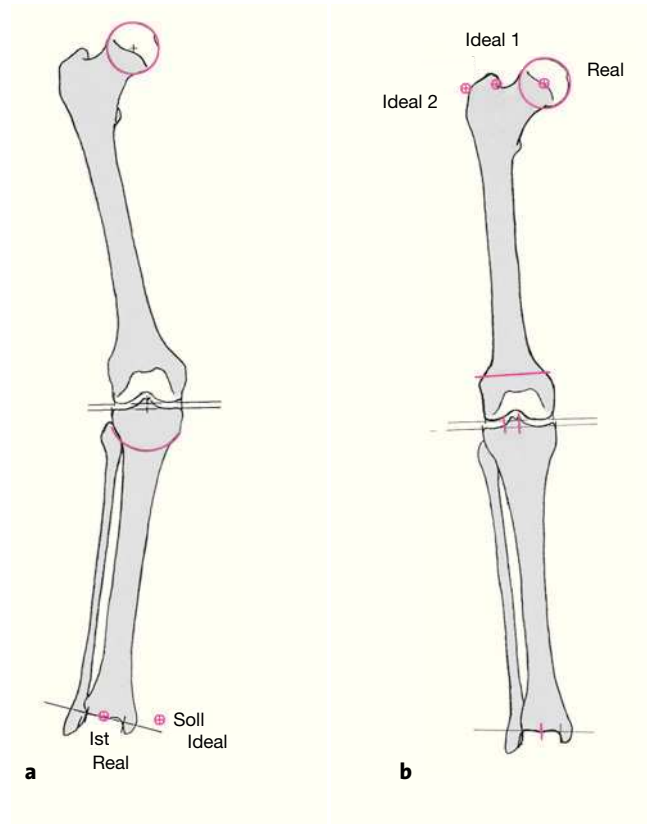
La planificación de la corrección se basa en un principio en "la pierna ideal". Dependiendo de varios factores como la calidad del cartilago, la estabilidad ligamentosa, entre otros, se pueden variar los planes en una dirección u otra (véase parámetros).

En la típica gonartrosis en valgo con una condromalacia avanzada evidenciada por artroscopia en el compartimento femorotibial lateral y con un cartilago conservado a nivel femorotibial interno el eje mecánico debería atravesar el centro de la rodilla o algo medial, es decir en la zona de la espina tibial medial. Esto correspondería a un eje mecánico femorotibial fisiológico de unos 1-1,5° en varo y a una distribución de carga intraarticular medial a lateral de 75:25.

De forma inversa se actuaría en una gonartrosis sobre genu varo en la que se trataría de descargar el compartimento femorotibial interno más lesionado y esto se lograría lateralizando el eje mecánico. Las dimensiones de esta lateralización se decidirían según el estado del cartilago a nivel medial y lateral comprobado en la artroscopia. En caso de gonartrosis sobre genu varo se recomienda por consiguiente establecer ya en la planificación un máximo y un mínimo de valgüización que corresponden a ideal 1 y a ideal 2 (b).

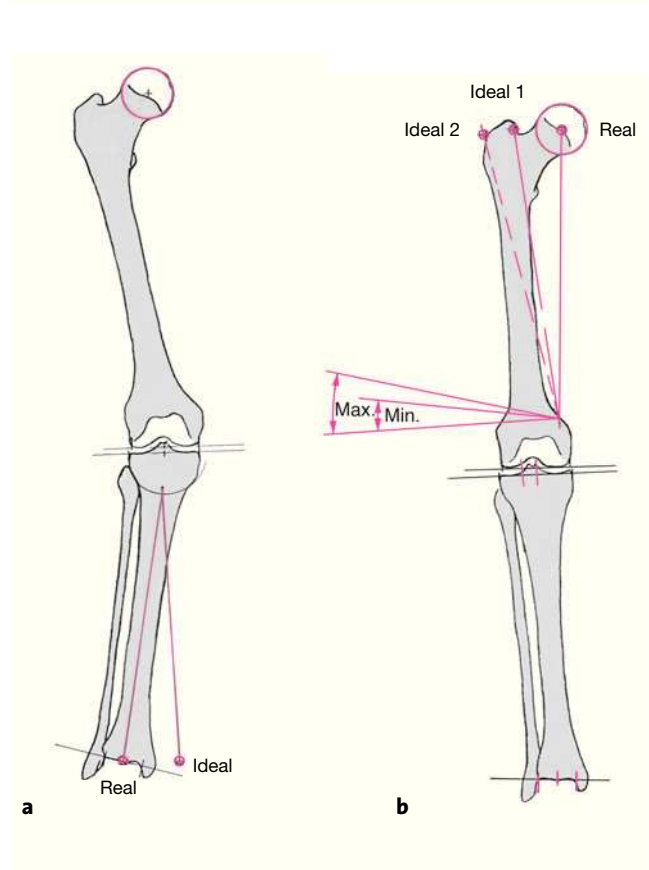
Figuras 7a y b

En el caso ideal el nivel de la osteotomía corresponde al vértice de la deformidad. Dependiendo de la situación de partes blandas, la calidad del hueso (¿postosteítis?), el procedimiento planeado de osteosíntesis y la localización de la deformidad (intraarticular, extraarticular) se puede variar mucho en los casos individuales. Cualquier discrepancia entre el vértice de la deformidad y la altura definitiva de la osteotomía es básica ya que se relaciona con una traslación axial.



Figuras 8a y b

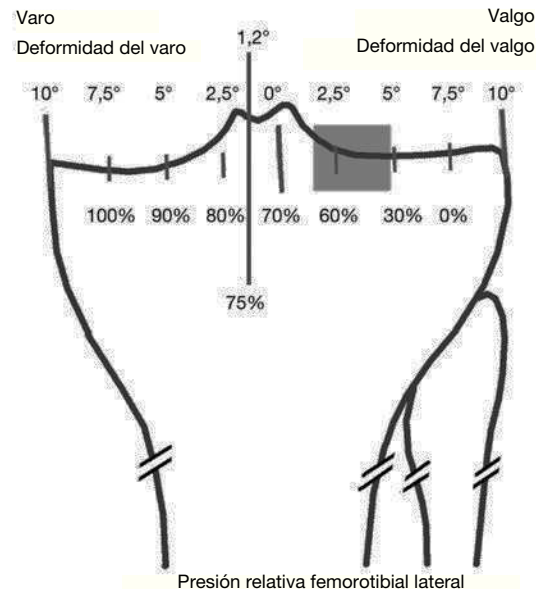
La altura de la osteotomía define las dimensiones del ángulo. Este se determina por las líneas de conexión *real-Osteotomía-ideal*. En caso de osteotomías de corrección neutrales respecto a la longitud, como pueden ser la osteotomía en cúpula o la de Pendel, el vértice del ángulo se localiza en el centro de la osteotomía (a). En caso de osteotomías en cuña el vértice del ángulo de osteotomía se localiza en la punta de la cuña (b). Las osteotomías cercanas a la rodilla corresponden a ángulos cerrados, mientras las que se alejan de la misma corresponden a ángulos más abiertos. Así la altura de la osteotomía decide el ángulo de corrección. Por supuesto se tendrá en cuenta el ángulo resultante entre la cadera y el tobillo. En b se marca la máxima y la mínima valguización supracondílea.



Corrección recomendada

Figura 9

La distribución de presión medial/lateral se decide según donde se localice el eje mecánico. Una colocación medial conlleva una sobrecarga o a una distribución irregular de la misma en el compartimento femorotibial medial. Una colocación lateral sobrecarga el cartilago femorotibial lateral con carga simultánea del medial. Se expone los posibles puntos de intersección del eje de carga según Mikulicz así como la carga correspondiente femorotibial medial. En condiciones fisiológicas el eje de carga atraviesa la articulación a unos 4-10 mm medial al punto medio de la articulación o sea en la zona de la espina tibial medial. El eje mecánico del fémur constituye con el eje mecánico de la tibia un ángulo fisiológico de 1,2° en varo. Por tanto la carga fisiológica en el compartimento medial es de 75 %. El área marcada en verde delimita la zona ideal para el paso del eje mecánico en la corrección valguizante sobre una gonartrosis en varo con lesión avanzada del cartilago femorotibial medial y conservación del cartilago femorotibi al lateral. Últimamente se añade a la valoración una comprobación directa de la calidad del cartilago en el compartimento medial y lateral mediante visión directa por artroscopia. En la gonartrosis sobre genu varo que es la más frecuente, el eje deseable sería de 2-5° en valgo. Se recomienda recoger de forma gráfica y precisa la corrección máxima y mínima. En caso de gonartrosis sobre genu valgo marcado o sobre normoeje con lesiones distribuidas simétricamente se recomienda una alineación fisiológica, es decir con leve varo.



- Geometría y equilibrio femoropatelar.
- Calidad de cartilago femorotibial (medial y lateral).

La congruencia femoropatelar y el equilibrio así como la calidad del cartilago articular femoropatelar medial versus lateral definen al final la altura de la osteotomía si supra- o infratuberositaria.

Bibliografía

1. Keppler P, Strecker W, Kinzl L, et al. Die sonographische Bestimmung der Beingeometrie. Orthopäde 1999;28:1015-22.
2. Mikulicz J. Ueber individuelle Formdifferenzen am Femur und an der Tibia des Menschen. Arch Anat Physiol [Anat Abthlg] 1878;1: 351-404.
3. Outerbridge RE. The etiology of chondromalacia patellae. J Bone Joint Surg Br 1961;43:752-7.

4. Paley D. Principles of deformity correction. Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 2002.
5. Strecker W, Keppler P. Analyse und Korrektur von Beindefor mitäten; Teil 1: Analyse. Unfallchirurg 2002;73:811-29.
6. Waidelich HA, Strecker W, Schneider E. Computertomographische Torsionswinkel- und Längenmessung an der unteren Extremität - Methodik, Normalwerte und Strahlenbelastung. Fortschr Röntgenstr 1992;157:245-51.

Correspondencia

Prof. Dr. Wolf Strecker
 Klinik für Orthopädische Chirurgie und Unfallchirurgie
 Klinikum Bamberg
 Buger Straße 80
 D-96049 Bamberg
 Tel.: (+49/951) 503-2200; Fax: -2205
 Correo electrónico: chirurgie2@sozialstiftung-bamberg.de