

## Estudio por imágenes de la articulación patelofemoral: estado del arte

### Patellofemoral joint imaging study: State of the art

Sara R. Muñoz<sup>1\*</sup>, Edith A. Miranda<sup>1</sup>, Magaly C. Iñiguez<sup>2</sup>, Mauricio E. Wainer<sup>2</sup>, Alejandro U. Cerdá<sup>1</sup> y  
Diego E. López<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Radiología; <sup>2</sup>Departamento de Traumatología y Ortopedia. Clínica Las Condes, Santiago, Chile

#### Resumen

La patología anterior de la rodilla es una causa frecuente de consulta en la práctica clínica. La disfunción patelofemoral es un cuadro sindromático de amplia etiología asociado a menudo a una falla en la entrada de la rótula en la tróclea, que provoca sobrecarga y desgaste de los cartílagos articulares, determinando a largo plazo un mayor riesgo de artrosis. La presentación clínica es variada. Se trata de un problema dinámico, en el que influyen factores anatómicos de la geometría articular y de sus mecanismos estabilizadores. El estudio por imágenes incluye distintas técnicas con diferentes utilidades. La radiografía simple es el examen inicial. La tomografía computada y la resonancia magnética, ambas con mayor resolución de espacio y contraste, permiten evaluar otros aspectos de la articulación y la relación de la rótula con la tróclea femoral, además de los aspectos rotacionales de la extremidad inferior. Ninguna de ellas aporta por sí sola toda la información necesaria para la decisión terapéutica. En este artículo se revisan las presentaciones clínicas y el estudio por imágenes. Se discute y propone un protocolo de estudio con radiografía y resonancia magnética que incluye las mediciones objetivas validadas más útiles de los factores anatómicos que condicionan inestabilidad en las diferentes presentaciones clínicas.

**Palabras clave:** Patellofemoral. Cartílago. Rodilla. Artrosis. Resonancia magnética. Radiografía. Tomografía computada.

#### Abstract

Anterior knee pathology is frequent in clinical practice. Patello femoral dysfunction is a syndromic condition of broad etiology frequently associated with a failure in the entry of the patella into the trochlea that causes overload and wear of the articular cartilages, determining a higher risk of osteoarthritis in the long term. The clinical presentation is varied. It is a dynamic problem, where anatomical factors of the joint geometry and its stabilizing mechanisms influence. The imaging study includes different techniques with different uses. The simple X-ray is the initial examination. Computed tomography and magnetic resonance imaging, both techniques with greater resolution of space and contrast, allow evaluating other aspects of the joint and the relationship of the patella with the femoral trochlea, in addition to the rotational aspects of the lower limb. None of them alone provides all the information necessary for the therapeutic decision. In this article we review the clinical presentations and the imaging study. We discuss and propose a study protocol with X-ray and magnetic resonance imaging that includes the most useful validated objective measurements of the anatomical factors that condition instability in the different clinical presentations.

**Keywords:** Patellofemoral. Cartilage. Knee. Osteoarthritis. Magnetic resonance imaging. Radiographs. Computed tomography.

#### Correspondencia:

\*Sara R. Muñoz

E-mail: smunoz@clinicalascondes.cl

0717-9308 / © 2022 Sociedad Chilena de Radiología. Publicado por Permanyer. Éste es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 30-08-2021

Fecha de aceptación: 30-01-2022

DOI: 10.24875/RCHRAD.21000004

Disponible en internet: 06-04-2022

Rev Chil Radiol. 2022;28(1):12-26

[www.resochradi.com](http://www.resochradi.com)

## Introducción

El dolor anterior de rodilla es una causa muy frecuente de consulta en ortopedia y traumatología. Es uno de los trastornos musculoesqueléticos más habituales y tiene una gran relevancia socioeconómica, ya que ocurre con mayor frecuencia en población joven y activa.

La rápida masificación de la práctica deportiva en la población de preadolescentes, adolescentes y adultos jóvenes en ámbitos competitivos aumenta la ocurrencia de eventos asociados a esta patología. La sobrecarga de actividad física devela las deficiencias mecánicas del aparato locomotor para estas actividades, en población portadora de factores predisponentes<sup>1</sup>.

A pesar de su alta incidencia y de la gran cantidad de investigación clínica y en ciencias básicas, la etiopatogenia no ha sido completamente aclarada. Además, no existe acuerdo en la terminología<sup>2</sup>. Su etiología es multifactorial<sup>3</sup> y no se conoce aún la causa precisa del dolor en esta patología<sup>4</sup>. Sabemos hoy que el dolor puede provenir de distintas fuentes más allá de las causas mecánicas ya conocidas.

Especial preocupación existe por la integridad del cartílago articular y la suficiencia de los tejidos blandos en el pronóstico de mediano y largo plazo<sup>5</sup>. Las imágenes deben categorizar y dimensionar el daño del cartílago articular y del hueso subcondral para su adecuado manejo<sup>6</sup>. La exploración física, estática y dinámica, con el paciente de pie, acostado y sentado, sugiere qué factores deben evaluarse objetivamente con imágenes<sup>7</sup>.

La imperiosa necesidad de contar con un estudio de imágenes<sup>8</sup> completo es evidente como herramienta de diagnóstico y en la estrategia de tratamiento<sup>9</sup>.

La gran dificultad para diagnosticar y tratar a estos pacientes es que no todas las alteraciones anatómicas e imagenológicas producen síntomas. Un paciente con mal alineamiento puede que nunca experimente dolor si la articulación no es estresada<sup>1</sup>. Por otra parte, puede haber un mal alineamiento bilateral y sintomatología unilateral<sup>10</sup>. También hay pacientes con síntomas y sin signos de mal alineamiento<sup>11</sup>.

Dentro del espectro clínico existe una amplia variedad de patologías que pueden involucrar la articulación; sin embargo, se agrupan en dos grandes síndromes: inestabilidad patelofemoral y dolor patelofemoral<sup>13</sup>.

El estudio por imágenes incluye distintas técnicas con diferentes utilidades<sup>12</sup>. La radiografía (Rx) simple es el examen inicial en todos los casos. La tomografía

computada (TC) y la resonancia magnética (RM), ambas con mayor resolución de espacio y contraste, permiten evaluar otros aspectos de la articulación y de la relación de la rótula con la tróclea femoral. Ninguna de ellas aporta toda la información necesaria para la decisión terapéutica, y la elección de cuál realizar depende, entre otras cosas, de la presentación clínica<sup>13</sup>.

Nuestro protocolo incluye Rx simple en todos los casos y como examen de segunda línea RM con secuencias en rodilla, cadera y tobillo para realizar medidas que previamente se hacían con TC. De esta manera pueden abordarse con el mismo protocolo todos los pacientes con distintas presentaciones clínicas.

## Anatomía y fisiopatología

La articulación patelofemoral es intrínsecamente inestable. La rótula articula con la tróclea femoral durante la flexión de la rodilla<sup>14</sup>. A este movimiento se le ha llamado *tracking* o encarrilamiento de la rótula. El correcto desplazamiento depende de:

- El alineamiento de la extremidad inferior.
- La geometría ósea.
- Los estabilizadores estáticos.
- Los estabilizadores dinámicos.

Un desbalance de alguno de estos factores produce la patología de la articulación patelofemoral, desde el dolor anterior de la rodilla hasta la luxación de la rótula.

Cuando la rodilla está en extensión, la rótula está ubicada en la parte alta de la tróclea. El momento crítico de la biomecánica patelofemoral es en los primeros grados de la flexión, cuando la rótula debe centrarse en la tróclea y el valgo del aparato extensor es máximo. La rótula comienza a contactar la tróclea y permanece en su adecuada posición por la acción del complejo alerón-vasto medial.

## Alineamiento de la extremidad inferior

Entre el fémur y la tibia se producen rotaciones que influyen en la dinámica patelofemoral<sup>15</sup>. Por la disposición de los ligamentos cruzados, existe una mayor capacidad de rotación externa a nivel de la rodilla que lateraliza aún más la inserción del tendón rotuliano. Estos factores anatómicos son entonces condicionantes indirectos de la estabilidad de la articulación patelofemoral<sup>16</sup>, por lo que resulta útil conocer además las siguientes medidas: la anteversión femoral (AVF) y la torsión tibial externa (TTE)<sup>17</sup>. Si el eje axial de la rodilla

apunta hacia medial, el ángulo de tracción del cuádriceps aumenta. Esto ocurre cuando existe aumento de la AVF y de la TTE con pronación del pie. Para evaluar estas medidas se utiliza la capacidad de la TC o la RM, que permiten realizar superposición de cortes realizados a distintos niveles, como se comentará más adelante.

Para estimar el valgo del aparato extensor se utiliza el ángulo Q, que se obtiene uniendo una línea trazada desde la espina ilíaca anterosuperior al centro de la rótula y otra entre el centro de la rótula y la tuberosidad tibial anterior (TTA). Este ángulo traduce la fuerza de tracción del músculo cuádriceps sobre la rótula, determinando la magnitud de la fuerza luxante hacia lateral; mide en forma indirecta la lateralización de la TTA o la inserción distal del tendón patelar<sup>14</sup>. Con la rodilla en extensión, la contracción muscular desplaza la rótula hacia lateral. En extensión, la tibia rota externamente y la TTA se desplaza hacia lateral, maximizando la fuerza luxante hacia lateral. En esta posición hay más riesgo de luxación.

La posición demasiado lateral de la TTA es una de las alteraciones anatómicas mencionadas con mayor frecuencia como factor anatómico condicionante de disfunción patelofemoral. La distancia entre la TTA y el surco troclear da una idea del vector en valgo del aparato extensor y puede ser estimada tanto en TC como en RM; se conoce como SIT-TAT (surco troclear-tuberosidad anterior de la tibia).

## Geometría ósea

### TRÓCLEA FEMORAL

Tiene una carilla lateral más alta y larga que la medial, siendo este el fundamento del adecuado centrado de la rótula en la tróclea. Su morfología es, por lo tanto, un factor que condiciona la estabilidad de la rótula en la articulación.

La displasia troclear es una malformación anatómica localizada en el tercio superior de la superficie articular que se debe a anomalías en el crecimiento de las carillas articulares, constituyendo un factor fundamental y constante en la inestabilidad. La pendiente lateral poco pronunciada del cóndilo femoral es responsable de una tróclea plana; el surco es poco profundo y no es capaz de retener a la rótula. En los casos graves, la carilla lateral puede ser convexa, lo que se asocia a hipoplasia del cóndilo medial. Los parámetros que interesa conocer son la apertura y la profundidad del surco, ya

que su alteración determina displasia y, por lo tanto, inestabilidad.

### RÓTULA

Es parte del aparato extensor de la rodilla. Es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo y su cartílago es el más grueso<sup>18</sup>. Está preparado para soportar grandes fuerzas compresivas. Su función es mejorar la eficacia del cuádriceps al aumentar el brazo de palanca del aparato extensor.

La posición de la rótula es uno de los factores más importantes asociados a la inestabilidad. La rótula alta está presente en un 30% a 50% de las inestabilidades objetivas. A veces es el único factor presente. Está determinada por un tendón patelar anormalmente largo que produce conflicto en la entrada de la rótula en la tróclea y subluxación lateral por la tensión precoz del retináculo lateral al inicio de la flexión. La posición más alta de la rótula disminuye la estabilidad porque se requiere un mayor grado de flexión para que esta encaje en la tróclea que si la rótula no es alta, situación en que dicha entrada ocurre a los 20° de flexión<sup>19</sup>. Para determinar la altura de la rótula se utilizan distintos métodos que se detallarán en el estudio por imágenes.

La otra variable anatómica se refiere a la morfología de la rótula. En 1941, Wiberg clasificó la rótula según la morfología de la faceta interna en tres tipos<sup>20</sup>, y en 1944 Baumgartl añadió otra variante más. Estas clasificaciones se utilizan para el estudio por imágenes y se comentan más adelante.

### Estabilizadores estáticos

La estabilidad estática está determinada por los ligamentos patelofemorales. El complejo medial evita el desplazamiento lateral de la rótula durante los primeros grados de la flexión. Su principal componente es el ligamento patelofemoral medial (LPFM), que es parte del retináculo medial<sup>19</sup>. Traciona de la rótula hacia medial y se calcula que restringe entre el 50% y el 60% del desplazamiento lateral de la rótula entre los 0° y 30° de flexión. No es posible evaluar por imágenes su papel dinámico en la inestabilidad.

### Estabilizadores dinámicos

El músculo vasto medial es importante en la estabilización de la rótula, ya que la traciona hacia arriba y hacia medial. Está formado por dos porciones: el vasto

medial oblicuo y el medial largo<sup>21</sup>. Las fibras del vasto medial oblicuo tienen una dirección más oblicua hacia abajo y afuera, y por lo tanto son más apropiadas para limitar el desplazamiento lateral de la rótula<sup>19</sup>.

Dentro de las causas de inestabilidad por falla de los estabilizadores dinámicos existe una malformación anatómica del músculo cuádriceps femoral: la displasia del cuádriceps, que corresponde a una anomalía en la inserción del vasto medial en la rótula. Las fibras distales se insertan en el ángulo superomedial en lugar de en el medial, lo que produce un desbalance biomecánico que aumenta el valgo del aparato extensor, favoreciendo la inestabilidad. La evaluación clínica de la displasia de cuádriceps es subjetiva debido a la dificultad de la exploración. Para cuantificar la displasia, se ha propuesto que el factor indirecto medible sería la «báscula rotuliana» (rodilla en extensión), que puede medirse en la TC en el estudio con y sin contracción de cuádriceps.

## Cuadro clínico

En la década de 1960, el dolor anterior de rodilla se atribuía a la condromalacia rotuliana<sup>22</sup>, teoría que fue descartada, aunque existe en la actualidad una creciente evidencia de que un subgrupo de pacientes con lesiones condrales pueden tener dolor relacionado con la lesión debido a la sobrecarga del hueso subcondral, ricamente inervado. En la década de 1970, el dolor anterior de rodilla se relacionó con el mal alineamiento patelofemoral, que correspondería a una alteración en la posición de la rótula en la tróclea, al *tilt* patelar o ambos con la rodilla en extensión y que se reduce en flexión. El síndrome de hiperpresión externa sería un tipo de mal alineamiento.

Durante mucho tiempo, el mal alineamiento fue aceptado como una explicación para la génesis del dolor en pacientes jóvenes, lo que provocó el desarrollo de múltiples técnicas quirúrgicas para «corregir» dicho alineamiento. Hoy sabemos que solo en un porcentaje de los pacientes la sintomatología se explica por el mal alineamiento.

El espectro clínico puede corresponder a una amplia variedad de patologías que pueden involucrar la articulación; no obstante, suelen agruparse en dos grandes síndromes, la inestabilidad patelofemoral y el cuadro doloroso o síndrome de dolor patelofemoral, cada uno con características clínicas definidas, aunque es frecuente la asociación y la sobreposición de la sintomatología, en especial en pacientes con síntomas crónicos.

Una clasificación descriptiva y práctica es la propuesta por Dejour simultáneamente con Houghston y Fulkerson en 1978, que permite identificar tres grupos de pacientes basándose en la anamnesis. De esta forma, tendremos pacientes con historia de (1) inestabilidad o luxación, (2) sensación de inestabilidad sin luxación y (3) dolor sin inestabilidad.

La inestabilidad patelofemoral es una condición caracterizada por la luxación o subluxación de la rótula secundaria a un trauma. Es más común en mujeres y a menudo es bilateral. La incidencia informada de luxación de rótula en la población de 10 a 17 años es de 29 por 100.000. Después de una luxación por primera vez, la tasa de recurrencia tras el tratamiento no quirúrgico oscila entre el 15% y el 44%<sup>23</sup>.

Este cuadro podemos dividirlo en dos grandes grupos: la inestabilidad patelofemoral aguda (luxación traumática rotuliana) y la inestabilidad patelofemoral crónica, recidivante o episódica; esta última se caracteriza por inestabilidad o luxaciones que se repiten en el tiempo, en general por mecanismos de baja energía en pacientes con factores de riesgo, que son los que se van a buscar en el examen clínico y se confirmarán con imágenes.

En el inicio, estos dos cuadros pueden confundirse, ya que toda luxación recidivante comenzará con un episodio agudo; sin embargo, como veremos más adelante, en el grupo que evoluciona a luxación recidivante encontramos con alta frecuencia factores de riesgo específicos.

La luxación aguda es una lesión muy frecuente, siendo la segunda causa de hemartrosis. Según la literatura, puede presentarse en 5,8 y 43 por 100.000 habitantes<sup>19</sup>, pero particularmente en el grupo de mujeres entre 13 y 17 años el riesgo sería mucho mayor, llegando a una prevalencia de 108 por 100.000 habitantes. Los pacientes menores de 20 años concentran dos tercios de los casos. En este grupo en particular, la recurrencia podría llegar a ser de un 15-44%<sup>19</sup>. Luego de un primer episodio de luxación, un 17% de los pacientes experimentan inestabilidad<sup>17</sup>.

En la mayoría de los casos, este cuadro se produce durante la práctica deportiva y también relacionado con accidentes.

Existe consenso en que el tratamiento es ortopédico, salvo en pacientes con fragmentos osteocondrales grandes o subluxación persistente por lesión masiva de los estabilizadores mediales.

Los pilares del tratamiento son inmovilización inicial y luego continuar con protocolos kinesiológicos

orientados a la activación muscular temprana, y ejercicios de rango articular progresivo.

La inestabilidad patelofemoral crónica, recidivante o episódica se define como episodios repetidos de luxación o subluxación patelofemoral<sup>24</sup>. En general, el inicio de los síntomas se produce durante la niñez y la adolescencia, y posteriormente hay una recurrencia variable en el tiempo.

Al inicio, el síntoma predominante es la inestabilidad asociada a dolor en los episodios de luxación. Con el tiempo, los síntomas dolorosos comienzan a ser más preponderantes en la medida en que se va desarrollando un desgaste articular o artrosis patelofemoral<sup>25</sup>.

La etiología es multifactorial, pero las causas se pueden dividir en: 1) alteraciones óseas (rótula alta, displasia troclear, genu valgo, SIT-TAT aumentado, alteraciones rotacionales) y 2) alteraciones de los tejidos blandos (lesión de LPFM, estructuras laterales tensas, atrofia del vasto medial oblicuo, hiperlaxitud generalizada).

A diferencia del tratamiento de la luxación aguda, el tratamiento conservador se asocia con una alta tasa de recidiva, una vez que se ha presentado más de un episodio. El tratamiento quirúrgico<sup>26</sup> persigue corregir los factores anatómicos que se encuentren alterados<sup>27</sup>. Las alternativas terapéuticas son variadas y están orientadas a tratar las alteraciones morfológicas subyacentes<sup>28</sup>.

La reconstrucción del LPFM<sup>29</sup> con técnica anatómica está orientada a tratar la lesión esencial de la luxación patelofemoral o disrupción del LPFM<sup>30</sup>.

En el caso de distancia SIT-TAT aumentada, que traduce una lateralización distal del aparato extensor o ángulo Q aumentado, se indica la osteotomía de medialización de la TTA<sup>19</sup>.

En casos de alteración de la altura patelar, está indicada la distalización rotuliana<sup>17</sup>.

La trocleoplastia<sup>31</sup> se realiza cuando hay una displasia troclear grave (Dejour B, D)<sup>17</sup>. En esta cirugía se construye una nueva tróclea más profunda con resección del *bump*, o *spur* troclear, consiguiendo una mejor congruencia patelofemoral<sup>30</sup>.

Otras alternativas quirúrgicas en pacientes con valgo acentuado o alteraciones rotacionales son las osteotomías varizantes y desrotadoras<sup>32</sup>.

## Estudio por imágenes

Existen innumerables publicaciones sobre las diferentes y múltiples medidas utilizadas para evaluar la patología patelofemoral.

El papel de las imágenes, ya validado<sup>33</sup>, es objetivar los factores anatómicos y morfológicos<sup>34</sup>, tanto locales (tróclea femoral, tipo y altura de la rótula, posición de la TTA y relación entre la rótula y la tróclea) como rotacionales (AVF y TTE).

En este artículo presentamos el estudio imagenológico utilizado en nuestra institución en acuerdo con traumatólogos del equipo de rodilla, intentando simplificarlo e incluyendo aquellas mediciones que tienen relevancia en las decisiones clínicas. El consenso de estas mediciones fue obtenido en reuniones de trabajo permanente con dicho equipo durante los años 2018 a 2021.

### Radiografía simple

Es siempre el primer examen que hay que realizar<sup>3</sup>, en cualquiera de las presentaciones clínicas. Debe incluir tres proyecciones: anteroposterior, lateral y axial de rótula con flexión en 20°, ya que con una mayor flexión un 97% de los pacientes normales tienen la rótula centrada.

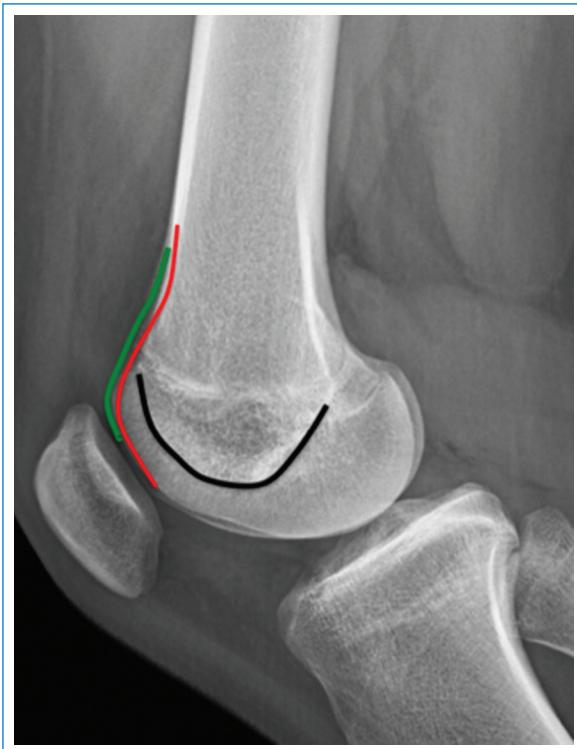
La Rx en proyección anteroposterior es la que menos información aporta respecto a la articulación patelofemoral. Si es tomada de pie, puede ser útil para evaluar la posición de la rótula en comparación con el lado contralateral.

La proyección axial se realiza según lo descrito por Merchant<sup>35</sup> con el paciente con las rodillas flectadas, el chasis sobre las piernas y el rayo horizontal en menos de 30°. Existe gran variabilidad en la toma del examen y dificultad para obtener una proyección verdaderamente en menos de 30° de flexión, por lo que las mediciones en esta Rx axial tienen un valor limitado<sup>36</sup>.

La Rx en proyección lateral también debe realizarse en flexión menor de 30°. Una imagen adecuada es aquella en la que los cóndilos femorales posteriores están superpuestos<sup>37</sup>. En estas condiciones, se identifican tres líneas radiodensas en la porción anterior de la epífisis femoral distal; las dos anteriores corresponden a los contornos anteriores de los cóndilos femorales, y la posterior, al surco troclear (Fig. 1).

### Resonancia magnética

Es, en nuestra opinión, el segundo examen a realizar cuando ha ocurrido una luxación traumática o cuando ya existe daño articular degenerativo. En el primer caso, permite evaluar los tejidos blandos: retináculos, tendón patelar y cuadripalpital, músculo cuádriceps,



**Figura 1.** Radiografía lateral de rodilla normal. La línea roja es el contorno anterior del cóndilo femoral medial. La línea verde es el contorno anterior del cóndilo femoral lateral. La línea negra es el surco troclear.

presencia de fracturas o lesiones osteocondrales e indemnidad del ligamento patelofemoral. Cuando hay cambios degenerativos, permite valorar el grado de daño de los cartílagos<sup>38</sup>.

Adicionalmente, con la RM se puede evaluar la morfología de la tróclea, la altura de la rótula y la distancia entre la TTA y el surco troclear. En nuestro protocolo, medimos además la TTE y la AVF mediante la superposición de imágenes, lo que la convierte en una excelente alternativa en pacientes con inestabilidad crónica, recidivante o episódica, para el estudio de factores anatómicos.

### **Tomografía computada**

Es una técnica que permite obtener imágenes en distintos grados de flexión, con mediciones más exactas que las realizadas en la Rx simple, y efectuar superposición de imágenes. Además, existe la posibilidad de hacer mediciones con contracción del cuádriceps que, según lo descrito en la literatura, aumentaría la sensibilidad del estudio por empeoramiento de los

valores anormales y aparición de anormalidad en pacientes con valores normales en reposo<sup>21</sup>. El gran inconveniente de la TC es que, al utilizar rayos X, irradia al paciente.

### **Factores**

Es muy importante tener en cuenta que el hallazgo de factores anatómicos en el estudio por imágenes no siempre se correlaciona con la presencia de síntomas, de manera que estos deben ser interpretados en correlación con los antecedentes clínicos y la exploración física de cada paciente. El estudio incluye Rx simple y al menos una de las otras técnicas, dependiendo de la presentación clínica.

Está ampliamente aceptada en la literatura la asociación de cuatro factores con la inestabilidad patelofemoral<sup>34</sup>: displasia troclear, *tilt* patelar, rótula alta y aumento de la distancia SIT-TAT.

### **TRÓCLEA FEMORAL**

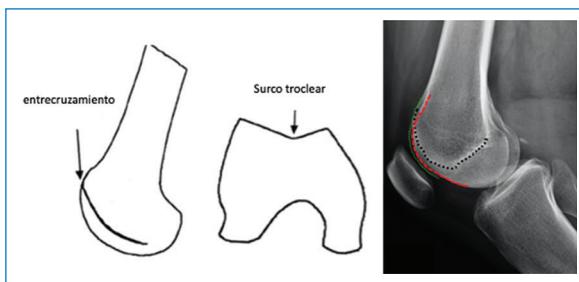
Como ya se mencionó, la morfología de la tróclea es un factor que condiciona la estabilidad de la rótula en la articulación. En general, interesa determinar la apertura y la profundidad del surco, ya que su alteración determina displasia y, por lo tanto, inestabilidad.

Puede ser evaluada en Rx, TC y RM. En Rx se evalúa en la proyección lateral. La Rx normal muestra tres líneas formadas por el contorno de los cóndilos femorales y el fondo de la tróclea (Fig. 1). El cóndilo interno se reconoce porque presenta una muesca más anterior y menos marcada que la del cóndilo externo. La tercera línea (posterior a las dos anteriores) corresponde a la línea del fondo de la tróclea y se prolonga hacia atrás con la línea de Blumensaft en la escotadura intercondílea. En condiciones normales, la línea del fondo de la tróclea es paralela a los perfiles de los cóndilos. Cuando esto no ocurre, se habla del signo del entrecruzamiento y traduce displasia (Fig. 2). Otro signo relevante que es posible evaluar en alteraciones trocleares es el espolón supratroclear o *bump*, presente en displasias graves (Fig. 3).

En imágenes en el plano axial, la tróclea se evalúa cualitativamente según la clasificación de Dejour y cuantitativamente midiendo el ángulo troclear:

1) Clasificación cualitativa (Fig. 3):

- Tipo A: preservación de la forma normal de la tróclea con surco levemente aplanado.
- Tipo B: tróclea marcadamente aplanada o convexa, presencia de espolón supratroclear o *bump*.



**Figura 2.** Signo del entrecruzamiento: la línea del fondo de la tróclea (línea negra punteada) se cruza con el perfil de los cóndilos.

- Tipo C: asimetría de vertientes trocleares, con faceta lateral más alta y la medial hipoplásica, determinando una superficie articular aplanada en un plano oblicuo.
- Tipo D: hallazgos del tipo C con un enlace vertical entre las vertientes medial y lateral (patrón de acantilado) en imágenes parasagitales, presencia de espolón supratroclear o *bump*.

## 2) Clasificación cualitativa:

El ángulo troclear (Fig. 4) se prefiere se prefiere medir en TC y RM por la variabilidad de la obtención de las imágenes en Rx axial, como ya se explicó. Se mide el ángulo de apertura de la tróclea, que es en promedio  $138^\circ \pm 6^\circ$ <sup>27</sup>. Se define displasia de la tróclea a la apertura exagerada de este ángulo. Se determina, en la imagen axial, un ángulo entre el punto más profundo de la tróclea y los puntos más superiores de ambos cóndilos femorales. En TC y RM se recomienda realizar esta medición en la imagen axial de la rodilla en extensión que coincide con la fisis, localizada a una distancia de 3 cm proximal a la articulación femorotibial<sup>39</sup>, en que la escotadura intercondílea tiene forma de «arco romano», simétrico y regular<sup>40</sup>. Se determina la existencia de displasia troclear<sup>27</sup> si el ángulo es  $> 145^\circ$ <sup>27</sup>. Shih et al.<sup>41</sup> demostraron diferencias pequeñas, pero significativas, entre la geometría cartilaginosa y ósea del surco troclear femoral en rodillas normales congeladas frescas, con un ángulo troclear cartilaginoso promedio de  $146^\circ$  y un ángulo troclear óseo de  $145^\circ$ . Posteriormente, van Huissteen et al.<sup>42</sup> demostraron diferencias significativas más evidentes entre el ángulo troclear óseo y el cartilaginoso en un estudio de RM con mediciones entre la segunda y la cuarta imágenes axiales desde la visualización del cartílago articular. Salzmann et al.<sup>43</sup> realizaron esta medición en RM en la primera imagen axial con visualización completa del cartílago, con medición en el cartílago y no

en el hueso subcondral, determinando displasia troclear si el ángulo es  $> 145^\circ$ . En nuestra institución utilizamos la medición en el hueso subcondral con TC y en el cartílago con RM. Consideramos un valor normal una apertura de hasta  $145^\circ$ .

Hay otros signos útiles para evaluar la displasia troclear que pueden medirse en TC o en RM, como:

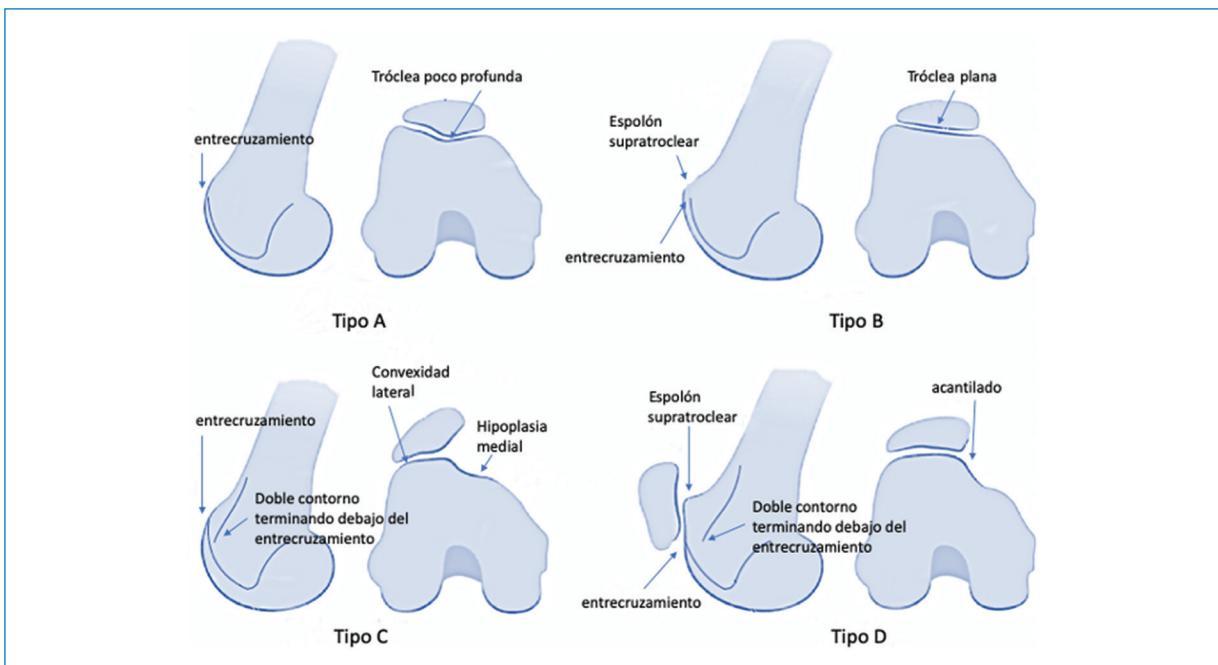
- Asimetría de facetas (Fig. 5): se calcula en el plano axial medida 3 cm por encima de la interlínea articular, como la relación entre la longitud del cartílago de las carillas medial y lateral ( $M/L \times 100 = \%$ ). Pfirrmann et al.<sup>39</sup> concluyeron que una relación de carillas de la tróclea menor de 2:5 o menor del 40% determina displasia con una sensibilidad del 100% y una especificidad del 96%.
- Profundidad de la tróclea (Fig. 6): en el mismo corte axial utilizado para medir la asimetría de carillas (3 cm por encima de la interlínea articular)<sup>39</sup> se determina el punto más profundo del surco. Se traza una tangente al aspecto posterior de ambos cóndilos femorales. Luego se trazan tres líneas perpendiculares, midiendo las distancias hasta el aspecto más anterior de la carilla medial, el aspecto más anterior de la carilla lateral y el aspecto más profundo del surco troclear. Se calcula el promedio de las medidas de las líneas de ambas carillas y luego se le resta la medición del surco. Es importante señalar que estas mediciones deben realizarse con respecto al cartílago de la superficie troclear y no con respecto al hueso.
- Inclinación lateral<sup>44</sup> (Fig. 7): se mide en TC o RM convencional de rodilla en extensión, calculando un ángulo entre la línea bicondílea femoral posterior y la carilla lateral de la tróclea femoral en la imagen más cefálica que muestre algo de cartílago. Las líneas deben trazarse con respecto al hueso subcondral y no con respecto al cartílago. El valor normal es  $\geq 11^\circ$ .

## RÓTULA

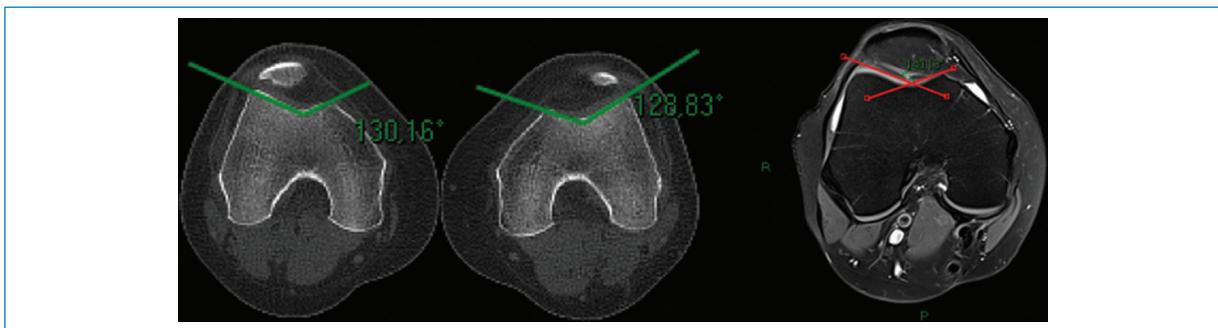
El estudio imagenológico permite clasificar la morfología de la rótula (Fig. 8) y su posición, que traduce en realidad la longitud del tendón patelar.

### 1) Morfología:

- Tipo I: la faceta interna es de concavidad suave y de la misma medida que la externa (10% de los casos).
- Tipo II: la faceta interna es menor que la lateral y es plana o ligeramente convexa (65% de los casos).
- Tipo III: la faceta interna es muy pequeña en comparación con la lateral y es convexa, casi vertical.



**Figura 3.** Tipos de displasia troclear (Dejour): Tipo A: morfología normal de la tróclea, pero con surco poco profundo. Tipo B: tróclea plana. Tipo C: asimetría de facetas, con la faceta lateral alta-convexa y la medial hipoplásica. Tipo D: asimetría de las facetas, articulación vertical y saliente entre las dos facetas de la tróclea.



**Figura 4.** Ángulo troclear: es el ángulo de apertura de la tróclea. La apertura exagerada de este ángulo traduce displasia. Su valor normal es de 135° a 145°.

– Tipo IV: se caracteriza por la ausencia de cresta medial o de faceta interna («gorra de cazador»)<sup>9</sup>.

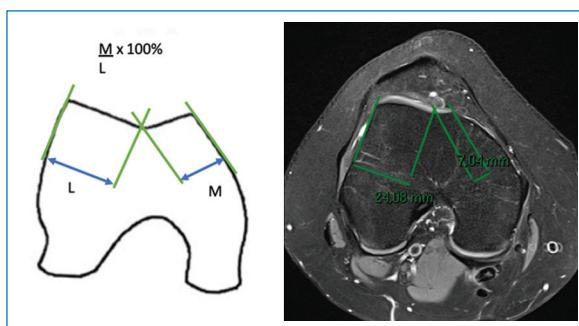
Las rótulas de los tipos III y IV se relacionan con inestabilidad.

## 2) Posición:

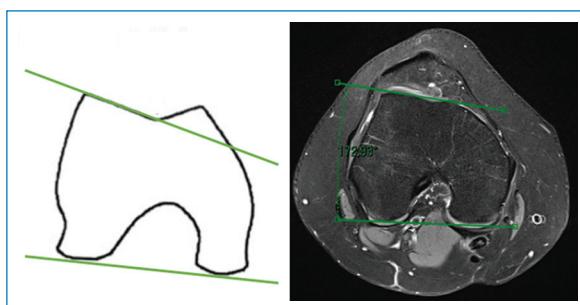
En cuanto a la posición de la rótula, tanto con TC como con RM se utilizan dos métodos para determinar su altura<sup>45,46</sup> Insall-Salvati (Fig. 9) y Caton-Deschamps (Fig. 10).

– Índice de Insall-Salvati: es probablemente el método más conocido y utilizado para medir la altura de la

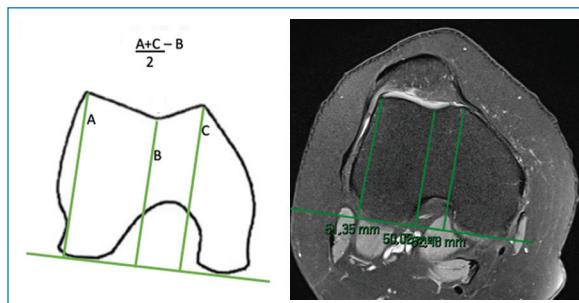
rótula. Descrito inicialmente para Rx simple con la rodilla en 30° de flexión y posteriormente aplicado al corte sagital en RM. En Rx se obtiene midiendo la longitud del tendón patelar (superficie posterior del tendón desde el polo inferior de la rótula hasta su inserción en la tibia) y dividiéndola por la longitud de la rótula (polo a polo). Su valor normal es de 0,8-1,2. En RM se utilizan diferentes rangos debido a las diferencias intermodalidad en la técnica de medición (visualización directa o indirecta del tendón). Se obtiene midiendo la longitud de la rótula en el corte



**Figura 5.** Asimetría de las facetas. Se calcula dividiendo la longitud de la faceta medial por la longitud de la faceta lateral y multiplicando por 100 (el resultado es un porcentaje). Un valor < 40% indica displasia.



**Figura 7.** Inclinación lateral de la tróclea. Es el ángulo formado entre la línea bicondilea posterior y la faceta lateral de la tróclea. Un ángulo < 11° indica displasia.



**Figura 6.** Profundidad de la tróclea. Se traza la línea bicondilea posterior como referencia. Luego una línea perpendicular que une los puntos más altos de los cóndilos medial y lateral. Una tercera línea la une con el punto más profundo del surco troclear. La profundidad de la tróclea se calcula sumando las dos primeras líneas, dividiendo por dos y restando al resultado la tercera. La profundidad normal es > 3 mm. Valores < 3 mm se consideran displasia.

sagital desde la superficie articular superior hasta el margen anteroinferior, excluyendo osteofitos y entesofitos. La longitud del tendón patelar se mide en el borde interno del tendón. Su valor normal es de 0,74-1,5 (> 1,5 se considera rótula alta).

– Índice de Caton-Deschamps: corresponde a la longitud entre el margen articular inferior de la rótula y el aspecto anterosuperior de la tibia, dividida por la longitud de la superficie o cartílago de la rótula. Esta medición es independiente del grado de flexión y de las diferencias de maduración esquelética o alteraciones óseas de la rótula. Su valor normal es de 0,6-1,3 (> 1,3 se considera rótula alta). En este caso no existen diferencias intermodalidad para la medición en RM<sup>47</sup>. Es la medida que utilizamos en nuestro protocolo.

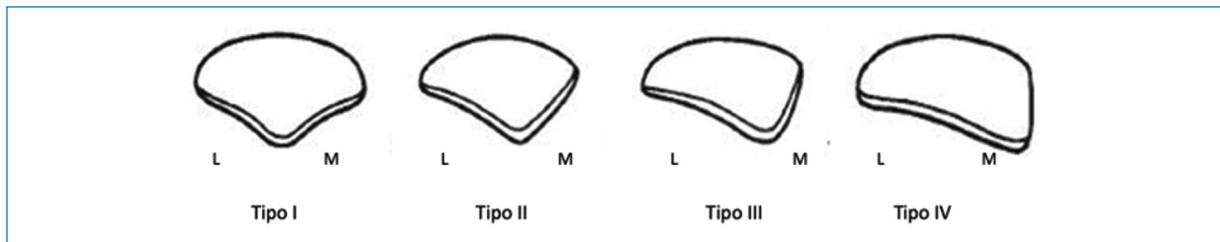
## TUBEROSIDAD TIBIAL ANTERIOR

Determina el valgo del aparato extensor. La distancia SIT-TAT traduce el vector en valgo. Esta medición se realiza con superposición de cortes axiales en extensión de TC o RM<sup>48</sup> realizados a distintos niveles: uno en la tróclea, donde la vertiente lateral es dos tercios de la medial, y el otro a través de la TTA. La medición es válida e intercambiable con ambos métodos<sup>49</sup>. Se traza una línea vertical que pasa por el punto más profundo de la tróclea y una segunda línea, paralela a la anterior, que pasa por el punto medio o centro del tendón patelar en la inserción en la TTA. La distancia SIT-TAT debe ser < 15 mm, y si el valor es mayor se considera aumentada y patológica (Fig. 11).

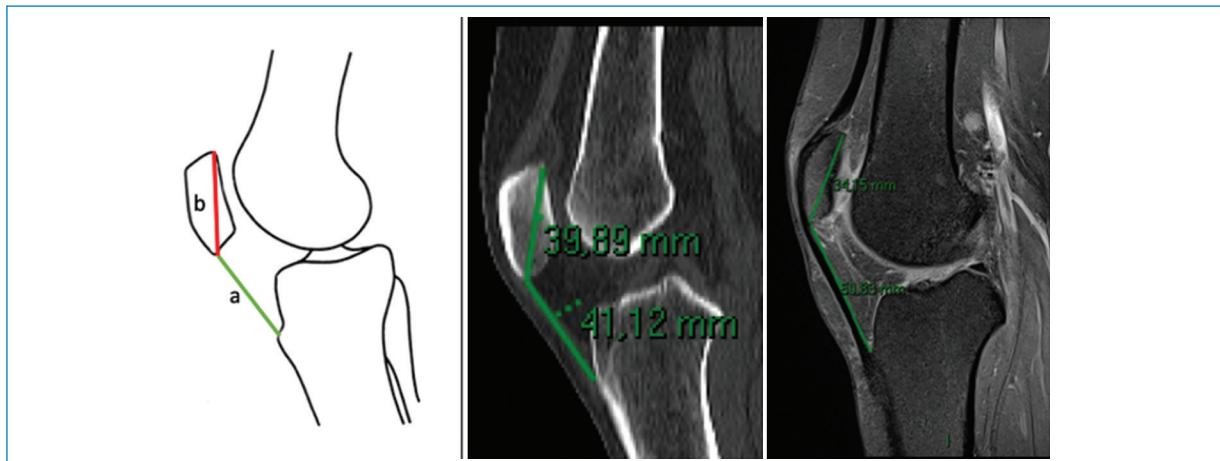
## RELACIÓN ENTRE LA RÓTULA Y LA TRÓCLEA

Existen innumerables medidas descritas en la literatura para evaluar la relación de la rótula con la tróclea. Todas estas mediciones están descritas para TC y RM. No existe acuerdo sobre cuáles son las más útiles. Mencionamos las de mayor utilidad para decisiones clínicas en nuestra institución:

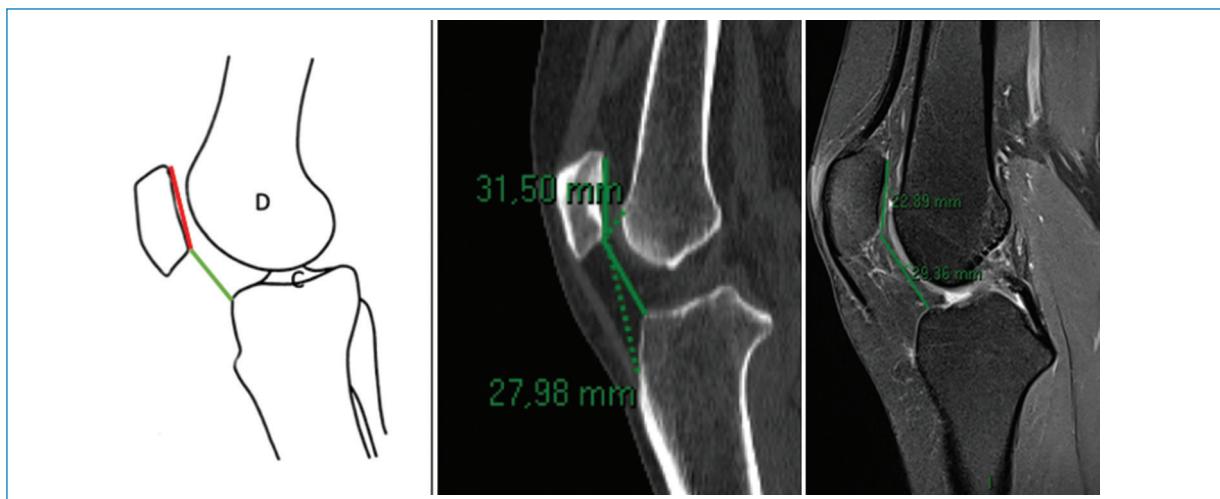
- *Tilt* patelar externo (Dejour): medido con la rodilla en extensión<sup>14</sup> (Fig. 12), se determina con el ángulo patelofemoral lateral que debe medir menos de 20°.
- Subluxación patelar (Chhabra)<sup>50</sup>: medida en RM con la rodilla en menos de 20° de flexión (Fig. 13). En TC o RM, con la rodilla en flexión menor de 20°, en una imagen axial, se trazan dos líneas perpendiculares al plano horizontal, una por el borde medial de la rótula y la segunda por el medial del cóndilo, y se mide la distancia entre ambas. Valor normal: ≤ 2 mm. Subluxación: leve < 5 mm, moderada 5-10 mm, grave > 10 mm.



**Figura 8.** Tipos de rótula. Tipo I: facetas medial y lateral de similar tamaño, ambas con suave concavidad. Tipo II: faceta medial menor que la lateral, y plana o ligeramente convexa. Tipo III: faceta medial muy reducida en comparación con la lateral, y convexa y casi vertical. Tipo IV: forma en «gorra de cazador», sin cresta central ni faceta medial.



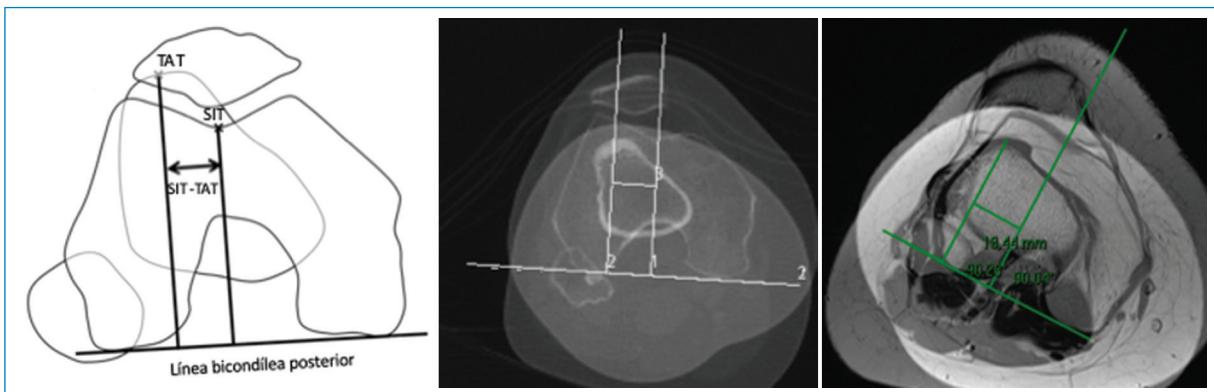
**Figura 9.** Insall-Salvati: se calcula a/b. Valor normal: 0,8-1,2. Valores de Insall-Salvati modificados para RM: 0,74-1,5.



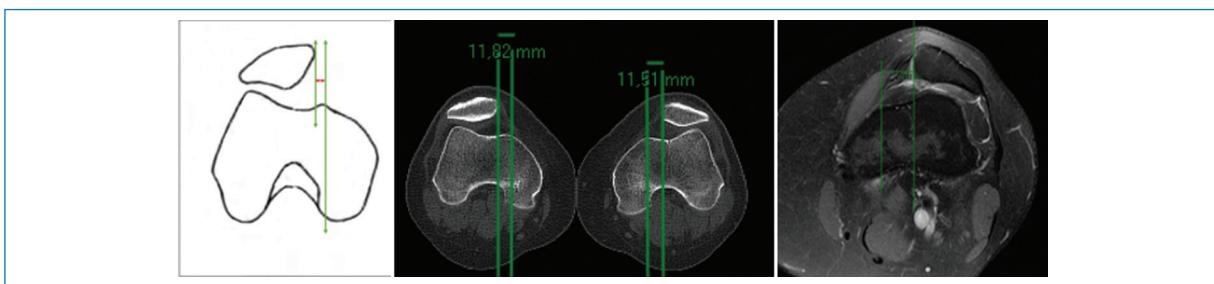
**Figura 10.** Índice Caton-Deschamps: Se calcula c/d. Valor normal: 0,6-1,3.

– Índice sagital patelotroclear (Biedert/Dejour)<sup>51</sup>: medido en RM<sup>52</sup> con la rodilla en menos de 20° de flexión (Fig. 14). Determina la longitud de la

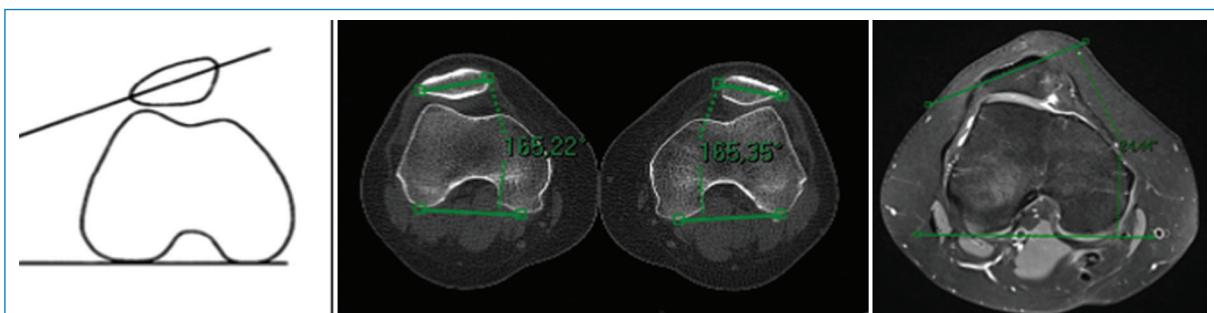
superficie articular troclear que se sobreponen a la superficie articular patelar en la imagen sagital de RM en donde se observe el cartílago patelar en



**Figura 11.** SIT-TAT. Esquema que muestra la superposición de imágenes axiales del fémur a la altura de la tróclea y de la tibia a la altura de la tuberosidad tibial anterior. Valor normal < 15 mm. A la derecha, ejemplos de SIT-TAT en TC y RM.



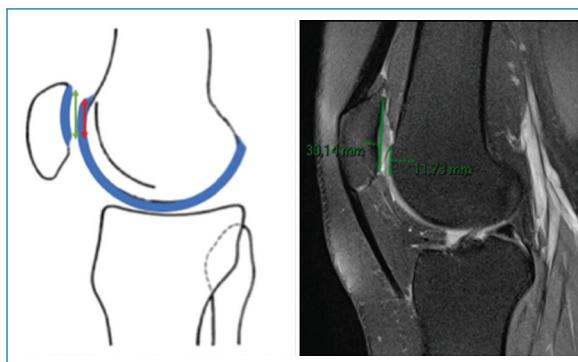
**Figura 12.** Tilt patelar externo (Dejour). Ángulo formado entre la línea bicondilea posterior y la línea trazada en el eje transverso de la rótula. Valor normal: < 20°.



**Figura 13.** Subluxación patelar (Chhabra). Se trazan dos líneas: la primera en el punto más anterior del cóndilo femoral medial y la segunda en el margen medial de la rótula. La distancia entre estas dos líneas debe ser  $\leq 2$  mm. Entre 2 y 5 mm: subluxación leve; entre 5 y 10 mm: subluxación moderada; > 10 mm: subluxación grave.

toda su longitud. En pacientes con lateralización acentuada de la rótula se utiliza la variante descrita por Dejour, con sobreposición de cortes sagitales para obtener la medición. Representa el porcentaje de sobreposición de los cartílagos patelar y troclear. Es un método confiable y preciso para

determinar la relación articular de la articulación patelofemoral y la altura rotuliana. Se traza una línea por el largo máximo del cartílago rotuliano (LR) y luego una segunda línea en el cartílago troclear en contacto con el rotuliano (LT). El índice patelotroclear sagital corresponde a la relación entre LT y LR



**Figura 14.** Índice sagital patelotroclear (Biedert/Dejour). Mide la relación entre la longitud máxima del cartílago patelar y la del cartílago de la tróclea superpuesto al cartílago patelar. Valor normal > 32%.

(LT/LR × 100 = %). El valor promedio en pacientes sin sintomatología patelofemoral es del 32%. Por otro lado, si la relación es mayor del 50% se determina rótula baja, y valores menores del 12,5% corresponden a rótula alta.

#### FACTORES ROTACIONALES

Para evaluar estas medidas se utiliza la capacidad de la TC y de la RM<sup>53</sup> para realizar superposición de cortes realizados con las rodillas en extensión a distintos niveles.

La AVF es el ángulo formado por una línea que pasa por el eje del cuello femoral-centro de la cabeza y la línea bicondilea posterior (Fig. 15). Se obtiene superponiendo tres cortes axiales: el primero a la altura del borde inferior de la cabeza femoral, el segundo a la altura del cuello femoral y el tercero en el fémur distal donde se visualicen los cóndilos femorales<sup>54</sup>. Puede ser medido en TC o en RM con la rodilla en extensión.

Se traza una línea que conecte el centro del cuello femoral con el centro de la cabeza y se mide su ángulo con respecto a la línea bicondilea posterior en el fémur distal, donde los cóndilos femorales se observan completos<sup>53</sup>. Valor normal: 11° ± 7° (15°)

La TTE es el ángulo formado por la tangente posterior de la epífisis tibial y el eje bimaleolar (Fig. 16). Puede medirse en TC o en RM con la rodilla en extensión, y se obtiene superponiendo dos cortes axiales: uno a la altura de la epífisis tibial proximal y el segundo a la altura del eje bimaleolar.

Se elige una imagen de tibia proximal inmediatamente distal a la articulación femorotibial y proximal a

la cabeza del peroné. La segunda imagen, en la tibia distal inmediatamente proximal a la articulación tibio-peronea distal trazando una línea de referencia que conecta el centro del pilón tibial con el centro de la incisura fibular en la tibia distal (eje bimaleolar). La TTE es el ángulo formado por la tangente posterior de la epífisis tibial proximal y el eje bimaleolar<sup>53</sup>. Valor normal: 25° ± 7° (35°).

El objetivo del estudio por imágenes es averiguar qué factores anatómicos condicionantes de inestabilidad están presentes en cada paciente en particular. Además, el informe radiológico debe incluir la descripción del estado de los cartílagos y los restantes tejidos blandos.

Nuestro protocolo incluye el estudio radiológico simple con estricto control de calidad en todos los pacientes y como examen de segunda línea la RM. La información obtenida con este protocolo evita el uso de TC en la mayoría de los casos. Aporta, además, la evaluación de cartílagos, retináculos, derrame articular, cuerpos intraarticulares, meniscos, ligamentos cruzados, ligamentos y tendones. Y por otro lado, tiene la ventaja de evitar la irradiación de los pacientes.

#### Protocolo de resonancia magnética patelofemoral

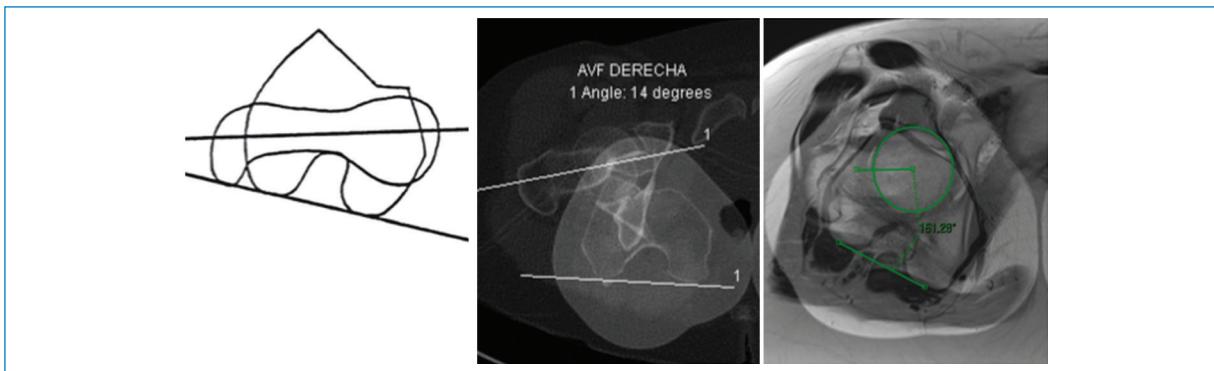
En consideración a los datos antes presentados, proponemos un protocolo de estudio con RM que incluye, además de las secuencias habituales, la estimación de factores locales y rotacionales que aportan gran información para la evaluación y la decisión terapéutica en esta patología.

Realizamos el estudio con secuencias potenciadas en T1, DP FS y T2 en los planos axial, coronal y sagital en flexión de 15° (protocolo habitual de RM de rodilla con antena específica). Además, se realizan cortes a nivel de caderas, rodillas y tobillos en extensión de rodilla, utilizando antena flexible de cuerpo, en secuencia T2, ya que permite una mejor definición de las estructuras para la superposición de imágenes y la obtención de mediciones. El resto de las mediciones las realizamos en imágenes en secuencia DP FS.

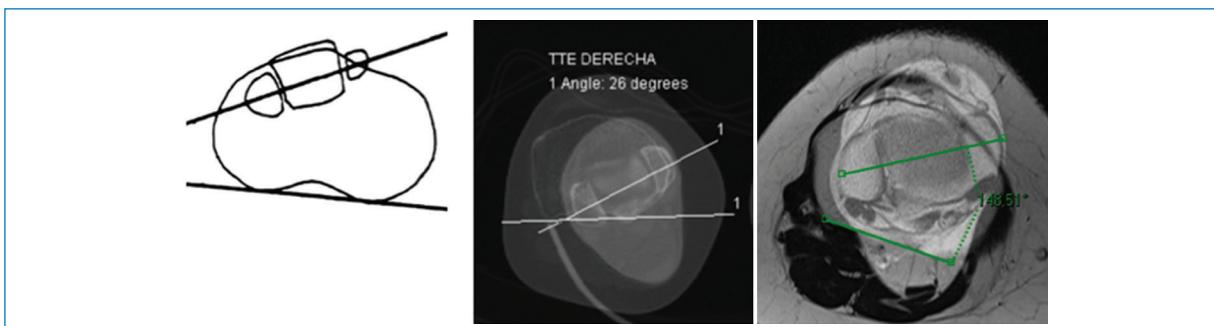
Se estudian ángulos de:

- AVF: entre cabeza-cuello femoral y eje bicondileo posterior.
- TTE: entre epífisis proximal de tibia y eje bimaleolar.
- Lateralización de la TTA: superposición entre el surco troclear y la TTA.

Los resultados de las medidas realizadas se muestran en la tabla 1.



**Figura 15.** Anteversión femoral. Esquema que muestra la superposición de imágenes axiales en cabeza-cuello femoral y tróclea. Valor normal:  $11 \pm 7^\circ$ . A la derecha, ejemplos en TC y RM.



**Figura 16.** Torsión tibial externa. Esquema que muestra la superposición de imágenes axiales en la tibia proximal y la tibia distal a nivel bimaleolar. Valor normal:  $25 \pm 7^\circ$ . A la derecha, ejemplos en TC y RM.

**Tabla 1.** Resultados de las medidas realizadas

	Posición	Medición	Referencia	
Displasia	Extensión	[<criterio cualitativo>]	A, B, C, D	Dejour
Ángulo troclear	Extensión	[<>]	< 145°	Salzmann
Profundidad troclear	Extensión	[<>]	> 3 mm	Pfirrmann
<i>Tilt</i> patelar externo	Extensión	[<>]	$10^\circ \pm 5.8^\circ (< 20^\circ)$	Dejour
Subluxación patelar	Flexión<20°	[<>]	< 2 mm	Chhabra
Altura patelar	-	[<>]	0,6-1, 3	Caton
Índice sagital patelotroclear	Flexión<20°	[<>]	>32°	Biedert/Dejour
SIT-TAT	Extensión	[<>]	10-15 mm	Dejour
Anteversión femoral	Extensión	[<>]	$11^\circ \pm 7^\circ (15^\circ)$	Dejour
Torsión tibial externa	Extensión	[<>]	$25^\circ \pm 7^\circ (35^\circ)$	Dejour

## Conclusiones

La patología de la articulación patelofemoral tiene variadas formas de presentación clínica y es motivo

de consulta frecuente en traumatología. Además del examen clínico, el proceso diagnóstico requiere el estudio por imágenes. Existen innumerables

protocolos que incluyen la combinación de distintas herramientas diagnósticas. En este artículo presentamos el protocolo utilizado en nuestra institución en acuerdo con traumatólogos especialistas en rodilla, que incluye Rx simple y RM. La información complementaria obtenida con estos dos exámenes permite averiguar las alteraciones presentes y de esta manera decidir la mejor conducta terapéutica para cada paciente. La RM es, en nuestra opinión, el segundo examen a realizar no solo cuando ha ocurrido una luxación traumática o cuando ya existe daño articular degenerativo, porque permite evaluar adicionalmente la morfología de la tróclea, la altura de la rótula, la medición de la distancia SIT-TAT y el *tilt* patelar, que son factores condicionantes aceptados de inestabilidad. Nuestro protocolo también permite evaluar los factores rotacionales (TTE y AVF) mediante la superposición de imágenes, lo que convierte a la RM en una excelente alternativa en pacientes con inestabilidad crónica, recidivante o episódica.

## Agradecimientos

Nuestros agradecimientos al equipo de trabajo del departamento de imágenes de Clínica Las Condes, que nos ha apoyado en la puesta en marcha de este nuevo protocolo.

## Financiamiento

Este trabajo fue realizado sin financiamiento.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

## Bibliografía

1. Fulkerson JP. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. Am J Sports Med. 2002;30:447-56.
2. Grelsamer R. Patellar nomenclature: the Tower of Babel revisited. Clin Orthop Relat Res. 2005;436:60-5.
3. Haim A, Yaniv M, Dekel S, Amir H. Patellofemoral pain syndrome. Clin Orthop Relat Res. 2006;451:223-8.
4. Dye SF. The pathophysiology of patellofemoral pain. Clin Orthop Relat Res. 2005;436:100-10.
5. Insall J, Falvo KA, Wise DW. Chondromalacia patellae. A prospective study. J Bone Joint Surg Am. 1976;58:1-8.
6. Jungmann PM, Tham SC, Liebl H, Nevitt MC, McCulloch CE, Lynch J, et al. Association of trochlear dysplasia with degenerative abnormalities in the knee: data from the Osteoarthritis Initiative. Skeletal Radiol. 2013;42:1383-92.
7. Jibri Z, Jamieson P, Rakha KS, Sampaio ML, Dervin G. Patellar maltracking: an update on the diagnosis and treatment strategies. Insights Imaging. 2019;10:65.
8. Purohit N, Hancock N, Saifuddin A. Surgical management of patellofemoral instability. I. Imaging considerations. Skeletal Radiol. 2019;48:859-69.
9. Miranda E, Muñoz S, Paolini P, Astudillo C, Wainer M, Duboy J. Estudio de imágenes de articulación patelofemoral: ¿en qué estamos? Rev Chil Radiol. 2010;16:1-16.
10. Carríon Martín M, Santiago FR, Calvo RP, Alvarez LG. Patellofemoral morphometry in patients with idiopathic patellofemoral pain syndrome. Eur J Radiol. 2010;75:e64-7.
11. Post WR. Clinical assessment of malalignment: does it correlate with the presence of patellofemoral pain? Sports Med Arthrosc. 2001;9:301-5.
12. Thomas S, Rupiper D, Stacy GS. Imaging of the patellofemoral joint. Clin Sports Med. 2014;33:413-36.
13. Mcnally EG. Imaging assessment of anterior knee pain and patellar maltracking. Skeletal Radiol. 2001;30:484-95.
14. Amis AA. Current concepts on anatomy and biomechanics of patellar stability. Sports Med Arthrosc. 2007;15:48-56.
15. Lin YF, Jan MH, Lin DH, Cheng CK. Different effects of femoral and tibial rotation on the different measurements of patella tilting: an axial computed tomography study. J Orthop Surg Res. 2008;3:5-6.
16. Tjoumakaris FP, Forsythe B, Bradley JP. Patellofemoral instability in athletes: treatment via modified Fulkerson osteotomy and lateral release. Am J Sports Med. 2010;38:992-9.
17. Mulford JS, Wakeley CJ, Eldridge JDJ. Assessment and management of chronic patellofemoral instability. J Bone Joint Surg Br. 2007;89:709-16.
18. Donell S. Patellofemoral dysfunction — extensor mechanism malalignment. Current Orthopaedics. 2006;20:103-11.
19. Duerr RA, Chauhan A, Frank DA, Demeo PJ, Akhavan S. An algorithm for diagnosing and treating primary and recurrent patellar instability. JBJS Rev. 2016;4:1-11.
20. Elias D, White L. Imaging of patellofemoral disorders. Clin Radiol. 2004;59:543-57.
21. Taskiran E, Dinedurga Z, Yağız A, Uludağ B, Ertekin C, Lök V. Effect of the vastus medialis obliquus on the patellofemoral joint. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 1998;6:173-80.
22. Fulkerson JP, Shea KP. Disorders of patellofemoral alignment. J Bone Joint Surg Am. 1990;72:1424-9.
23. Schulz B, Brown M, Ahmad CS. Evaluation and imaging of patellofemoral joint disorders. Operative Techniques in Sports Medicine. 2010;18:68-78.
24. Kujala UM, Osterman K, Kormano M, Nelimarkka O, Hurme M, Taimela S. Patellofemoral relationships in recurrent patellar dislocation. J Bone Joint Surg Br. 1989;71:788-92.
25. Mäenpää H, Lehto MUK. Patellofemoral osteoarthritis after patellar dislocation. Clin Orthop Relat R. 1997;339:156-62.
26. Feller JA, Amis AA, Andrich JT, Arendt EA, Erasmus PJ, Powers CM. Surgical biomechanics of the patellofemoral joint. Arthroscopy. 2007;23:542-53.
27. Colvin AC, West RV. Patellar instability. J Bone Joint Surg Am. 2008;90:2751-62.
28. Purohit N, Hancock N, Saifuddin A. Surgical management of patellofemoral instability part 2: post-operative imaging. Skeletal Radiol. 2019;48:1001-9.
29. Hinckel BB, Arendt EA. Lateral retinaculum lengthening or release. Operative Techniques in Sports Medicine. 2015;23:100-6.
30. Donell S. Patellofemoral dysfunction — extensor mechanism malalignment. Curr Orthopaed. 2006;20:103-11.
31. Fucientes SF, Schöttle PB, Pfirrmann CWA, Romero J. CT changes after trochleoplasty for symptomatic trochlear dysplasia. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2007;15:168-74.
32. Teitge RA. Osteotomy in the treatment of patellofemoral instability. Techniques Knee Surg. 2018;5:2-18.
33. Smith TO, Davies L, Toms AP, Hing CB, Donell ST. The reliability and validity of radiological assessment for patellar instability. A systematic review and meta-analysis. Skeletal Radiol. 2011;40:399-414.

34. Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L, Guier C. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1994;2:19-26.
35. Merchant AC. Patellofemoral imaging. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(389):15-21.
36. Murray TF, Dupont JY, Fulkerson JP. Axial and lateral radiographs in evaluating patellofemoral malalignment. *Am J Sports Med.* 1999;27:580-4.
37. Elias DA, White LM. Imaging of patellofemoral disorders. *Clin Radiol.* 2004;59:543-57.
38. Fahmy HS, Khater NH, Nasef NM, Nasef NM. Role of MRI in assessment of patello-femoral derangement in patients with anterior knee pain. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine.* 2016;47:1485-92.
39. Pfirrmann CW, Zanetti M, Romero J, Hodler J. Femoral trochlear dysplasia: MR findings. *Radiology.* 2000;216:858-64.
40. Escala JS, Mellado JM, Olona M, Giné J, Saurí A, Neyret P. Objective patellar instability: MR-based quantitative assessment of potentially associated anatomical features. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:264-72.
41. Shih YF, Bull AMJ, Amis AA. The cartilaginous and osseous geometry of the femoral trochlear groove. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2004;12:300-6.
42. van Huysssteen AL, Hendrix MRG, Barnett AJ, Wakeley CJ, Eldridge JDJ. Cartilage-bone mismatch in the dysplastic trochlea. *Bone Joint J.* 2006;88:688-91.
43. Salzmann GM, Weber TS, Spang JT, Imhoff AB, Schöttle PB. Comparison of native axial radiographs with axial MR imaging for determination of the trochlear morphology in patients with trochlear dysplasia. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2010;130:335-40.
44. Carrillon Y, Abidi H, Dejour D, Fantino O, Moyen B, Tran-Minh VA. Patellar instability: assessment on MR images by measuring the lateral trochlear inclination — initial experience. *Radiology.* 2000;216:582-5.
45. Shabshin N, Schweitzer M, Morrison W, Parker L. MRI criteria for patella alta and baja. *Skeletal Radiol.* 2004;33:445-50.
46. Mete BD, Gursoy M, Kocyigit H. Magnetic resonance imaging of the patellofemoral joint. *Türkiye Fiziksel Tip ve Rehabilitasyon Dergisi.* 2015;61:261-71.
47. Neyret P, Robinson AHN, Coultrre BL, Lapra C, Chambat P. Patellar tendon length — the factor in patellar instability? *Knee.* 2002;9:3-6.
48. Diederichs G, Issever AS, Scheffler S. MR imaging of patellar instability: injury patterns and assessment of risk factors. *Radiographics.* 2010;30:961-81.
49. Schoettle PB, Zanetti M, Seifert B, Pfirrmann CW, Fuentese SF, Romeo J. The tibial tuberosity-trochlear groove distance: a comparative study between CT and MRI scanning. *Knee.* 2006;13:26-31.
50. Chhabra A, Subhawong TK, Carrino JA. A systematised MRI approach to evaluating the patellofemoral joint. *Skeletal Radiol.* 2010;40:375-87.
51. Biedert RM, Albrecht S. The patellotrochlear index: a new index for assessing patellar height. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:707-12.
52. Dejour D, Ferrua P, Ntagiopoulos PG, Radier C, Hulet C, Rémy F, et al. The introduction of a new MRI index to evaluate sagittal patellofemoral engagement. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013;99 (8 Suppl):S391-8.
53. Schneider B, Laubenberger J, Jemlich S, Groene K, Weber HM, Langer M. Measurement of femoral antetorsion and tibial torsion by magnetic resonance imaging. *Br J Radiol.* 1997;70:575-9.
54. Sutter R, Dietrich TJ, Zingg PO, Pfirrmann CWA. Assessment of femoral antetorsion with MRI: comparison of oblique measurements to standard transverse measurements. *AJR Am J Roentgenol.* 2015;205:130-5.