

## Posición rotacional del componente tibial en las artroplastias de rodilla. Estudio comparativo entre instrumentación estándar y cirugía asistida con ordenador

Rotational position of the tibial component in knee arthroplasties. Comparative study between standard instrumentation and computer-assisted surgery

Hernández Vaquero D <sup>1,2</sup>, Fernández Simón JM <sup>3</sup>, Cervero Suárez J <sup>2</sup>, Alonso Figaredo J <sup>2</sup>, Fernández Carriera JM <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Cirugía. Facultad de Medicina de Oviedo. <sup>2</sup>Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario San Agustín, Avilés. <sup>3</sup>Servicio de Radiodiagnóstico. <sup>4</sup>Unidad de Investigación. Hospital Universitario San Agustín, Avilés.

Esta investigación ha sido financiada por FUNDACIÓN MAPFRE

---

### Resumen

**Objetivo:** Conocer las diferencias en la posición rotacional del componente tibial de las artroplastias de rodilla utilizando la navegación quirúrgica.

**Material y método:** Estudio aleatorizado de dos grupos de artroplastias totales de rodilla: en 24 implantes mediante cirugía estándar con instrumentación mecánica y en 34 con un sistema de navegación quirúrgica inalámbrico. A los pacientes se les realizó una tomografía computada de rodilla y tobillo en el pre y en el postoperatorio para calcular la rotación tibial y la posición final de la artroplastia.

**Resultados:** No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la rotación del implante tibial entre ambos grupos. En los pacientes del grupo de navegación la posición de la artroplastia en el eje frontal fue mejor que en el grupo estándar, pero no hubo diferencias en la rotación tibial.

**Conclusión:** La navegación quirúrgica en las artroplastias de rodilla facilita la colocación del implante en el eje frontal pero no en el rotacional. Es posible que la navegación aporte más ventajas en rodillas con deformidades o cuando no puede utilizarse la instrumentación convencional por ocupación del canal intramedular.

**Palabras clave:**

Artroplastia total de rodilla, navegación, rotación tibial.

### Abstract

**Objective:** To establish the differences in the rotational position of tibial component in knee arthroplasties using surgical navigation.

**Material and methods:** Randomized study of two groups of total knee arthroplasties: in 24 implants using standard surgery with mechanical instrumentation and 34 with a wireless surgical navigation system.

Patients underwent computed tomography of the knee and ankle pre-and postoperatively to calculate tibial rotation and final position of the arthroplasty.

**Results:** There were no statistically significant differences in rotation of the tibial implant between the two groups. In surgical navigation group patients, arthroplasty position in the frontal axis was better than in the standard group, but there were no differences in tibial rotation.

**Conclusion:** Surgical navigation in knee arthroplasties facilitates placement of the implant in frontal axis but not rotational positioning. It is possible that the navigation provides more advantages in knees with deformities or when conventional instrumentation cannot be used due to occupation of the intramedullary canal.

**Key words:**

Total knee replacement, navigation, tibial rotation.

---

### Correspondencia

D. Hernández Vaquero  
Apartado Correos 341, 33400-Avilés, Asturias  
dhernandezv@meditex.es

## Introducción

La artroplastia total de rodilla (ATR) es un procedimiento utilizado en el tratamiento de los procesos degenerativos de la rodilla cuando las alternativas terapéuticas conservadoras fracasan. Aunque sus resultados pueden considerarse excelentes, con supervivencias del implante sobre el 90% a los 10 y 15 años, existe, sin embargo, entre un 10 y un 20% de pacientes que refieren dolor o limitación funcional grave tras este procedimiento [1]. Una de las causas reconocidas de esta mala evolución son los errores en la alineación de los componentes, sobre todo en cuanto a la rotación del componente femoral o tibial.

Barrack *et al* [2] exponen que los pacientes con dolor en la cara anterior de la rodilla, tras una ATR, presentan una rotación interna media en el componente tibial de 6° en comparación con los pacientes sin dolor, cuya rotación se sitúa en 0,6° de rotación externa. Mediante tomografía axial computarizada (TAC), Nicoll *et al* [3], en 39 artroplastias dolorosas y 26 sin dolor, advirtieron que la rotación interna en el primer grupo fue de 4,2° de media, mientras que en el grupo sin dolor fue de 2,2° de rotación externa, con diferencias estadísticamente significativas. Además, en el grupo con dolor la bandeja tibial estaba rotada internamente más de 9° en 17 casos, lo que no sucedía en ninguno del grupo de pacientes sin dolor. Estos autores refieren que cerca del 5% de sus casos tiene una rotación interna del componente tibial, lo que origina dolor, hecho que nunca sucedió cuando el error fue la colocación en rotación externa.

El dolor anterior, complicación frecuente que no tiene tratamiento efectivo conocido, está relacionado con la malposición rotacional y, además de originar dolor y limitaciones funcionales, la malposición rotacional de los componentes, especialmente del tibial, influye específicamente sobre otro importante grupo de complicaciones como son las alteraciones rotulianas, especialmente la inestabilidad o las luxaciones fémoro-patelares.

La colocación de una ATR debe seguir el eje mecánico de la extremidad, establecido entre el centro de la cabeza femoral y el centro del tobillo. Para la orientación de la bandeja tibial debe considerarse no solo el eje de la parte superior de la tibia, sino también el de la tibia en su totalidad y el del tobillo. Se considera que debe ser de 90° en el plano frontal en relación con la articulación de la rodilla y del tobillo. Para la rotación, la posición ideal no está bien definida, aunque la pauta común, como ya referíamos antes, son algunos grados de rotación externa.

El objetivo de nuestro estudio ha sido analizar mediante TAC la colocación de la bandeja tibial en cuanto a la rotación final obtenida tras el implante, comparando la utili-

zación de la instrumentación estándar y la navegación quirúrgica.

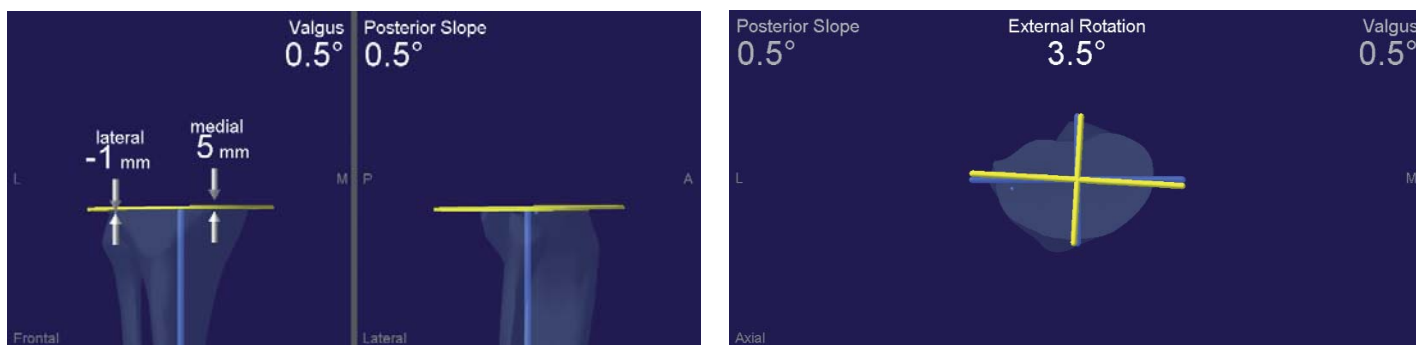
## Material y método

Realizamos un estudio prospectivo y aleatorizado implantando una ATR en 58 casos: 24 con cirugía estándar y 34 con CAO (Cirugía Asistida por Ordenador). La serie inicial fue de 60 casos, pero dos pacientes fueron rechazados y salieron del estudio, uno del grupo de navegación por haber sido intervenido previamente con una artroplastia en la cadera y otro del grupo estándar por tener realizada una artrodesis del tobillo. Nueve se realizaron de manera bilateral, por lo que la serie completó 49 pacientes. Los pacientes fueron intervenidos entre 2010 y 2011. En todos los casos se trataba de gonoartrosis, que no habían mejorado con tratamiento médico o físico y que presentaban una angulación frontal menor de 20° en varo o valgo. Todos los pacientes firmaron un consentimiento informado, todos aceptaron entrar en el estudio y ninguno solicitó su exclusión a lo largo del mismo.

Un total de 33 casos se implantaron en mujeres y 16 en hombres. La edad media de la serie fue de 64 años y el peso, de 82,6 (DS: 14,93) kg, con límites de 53 y 114. La talla media fue de 163,2 (DS: 7,41) cm y el índice de masa corporal medio fue de 31 (DS 5,35), con límites de 27 y 36. En 31 casos se intervino la rodilla derecha y en 27 la izquierda.

La aleatorización se realizó a partir de la entrada en lista de espera, no sabiendo el cirujano responsable a qué grupo pertenecía el paciente hasta el momento mismo del acto quirúrgico. La prótesis utilizada fue siempre la misma, modelo Triathlon (Stryker Inc) con todos los componentes cementados.

En el grupo de navegación se utilizó en todos los casos el sistema Stryker Image Free Computer Navigation System (Stryker Inc) en su versión 3.1. Tras la toma de datos, en la situación preoperatoria, se consideró que la rotación ideal debía situarse igualmente entre 0° y 5° de rotación externa. A partir de la recogida de datos que el cirujano introduce en el sistema, el programa informático le orienta sobre los gestos necesarios para colocar la artroplastia correctamente según la imagen virtual que el sistema ha diseñado previamente. La alineación del componente tibial mediante la navegación se basaba en los datos introducidos al comenzar la intervención. En primer lugar, se «mapearon» con el puntero las mesetas tibiales y se localizó el centro de la parte superior de la tibia y el eje frontal de la misma; posteriormente se palpó los dos maléolos y el centro del tobillo. Con estos datos el sistema halló el eje de pierna en la situación preoperatoria y a partir de ello informó al ciru-



**Fig. 1.** Imagen de la pantalla del navegador. Realización de los cortes frontal y sagital para la colocación de la bandeja tibial. Prueba de la rotación del componente (rotación externa de 3,5°).

jano sobre cómo realizar los cortes óseos y colocar la bandeja correctamente en cuanto a la rotación, en cuanto al plano frontal y en cuanto al plano sagital (Figura 1). Tras la colocación de la prótesis de prueba, el sistema informó de la situación estática y dinámica de la extremidad, que a su vez es modificable si el cirujano lo desea. Por tanto, la CAO informa sobre la situación preoperatoria, sobre los actos quirúrgicos que se están realizando y sobre la posición final del implante y el balance ligamentoso.

En el grupo de cirugía estándar se usó la instrumentación proporcionada por la firma comercial, utilizando siempre la alineación extramedular. La rotación del componente se decidió atendiendo a lo mostrado en esta instrumentación y valorando la localización de la tuberosidad tibial y el centro del tobillo, persiguiendo una posición rotacional entre 0° y 5° de rotación externa.

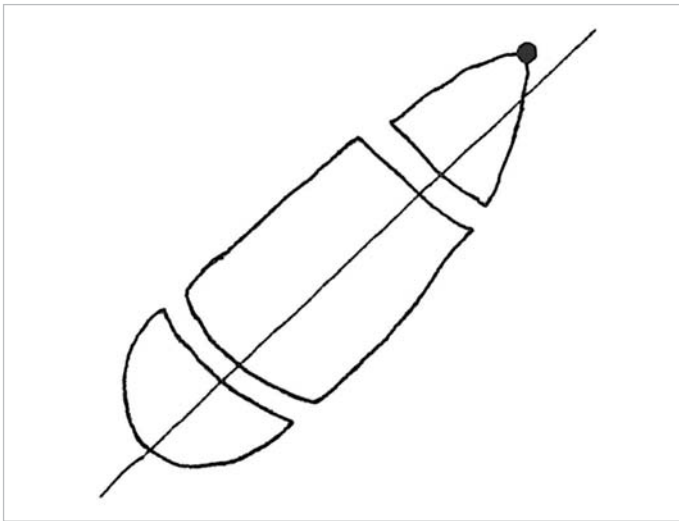


**Fig. 2.** Telerradiografía de ambas extremidades inferiores. Estudio preoperatorio para la rodilla derecha. Artroplastia de rodilla izquierda implantada con navegación en extremidad con deformidades postraumáticas en fémur y tibia.

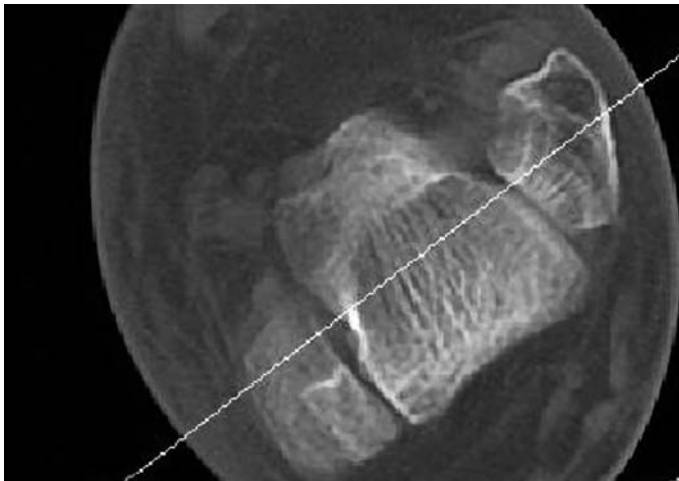
A todos los pacientes se les realizó en el estudio preoperatorio una radiografía con apoyo de la extremidad, en posición frontal y lateral, una axial de la rótula a 30° y una telerradiografía incluyendo cadera, rodilla y tobillo (Figura 2).

Entre una y dos semanas antes de la intervención quirúrgica se practicó una TAC con la extremidad en extensión, incluyendo rodilla y tobillo, que se repitió un mes después de la intervención (tomógrafo Siemens AG, modelo Somatron-Volume Access, versión A40A). A nivel de la rodilla se realizaron cortes de 5 mm de espesor y espaciados a 3 mm, con adquisición volumétrica de imágenes en espiral. Los cortes se empezaron inmediatamente por encima de la superficie articular tibial, repitiéndose hasta el corte donde podía visualizarse completamente el contorno de las mesetas tibiales. Como media se dieron cuatro cortes, seleccionando el más proximal posible. Se trazó una línea que unía los centros geométricos de las mesetas y que es paralela a la sombra del tendón rotuliano. En el tobillo los cortes se practicaron con el mismo grosor y separación, en la interlínea articular tibio-peroneo-astragalina. Se seleccionó el corte donde aparecían los dos maleolos y el astrágalo, hueso de forma rectangular en esta localización (Figura 3). Se trazó una línea paralela a los bordes del astrágalo atravesando los tres huesos referidos [4] (Figura 4). El ángulo formado por las dos líneas, la que une los centros geométricos de las dos mesetas y el ángulo transversal del tobillo, se consideró como ángulo de rotación, que se obtuvo trasladando la línea del eje transversal del tobillo a la imagen de la tibia; este ángulo debe aparecer siempre abierto hacia fuera si la anatomía está conservada (Figura 5).

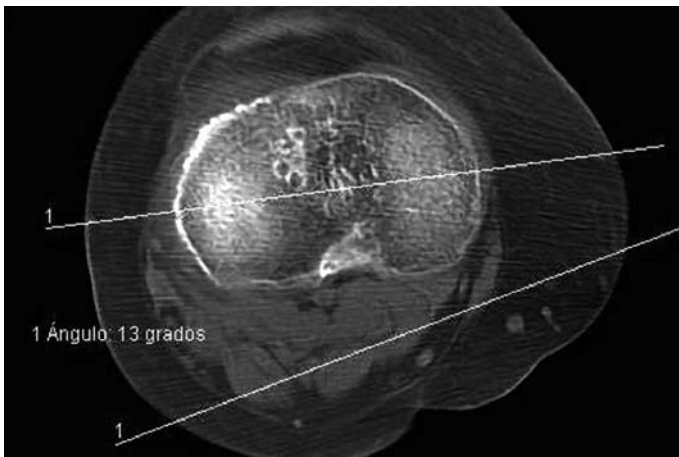
Se realizaron, por tanto, 232 estudios con TAC, lo que supone 116 de rodilla y 116 de tobillo, la mitad en el preoperatorio y la otra mitad en el periodo postoperatorio. Los autores del estudio valoraron cerca de 1.000 cortes radiográficos, de los que se seleccionaron 232 para efectuar las mediciones ya comentadas.



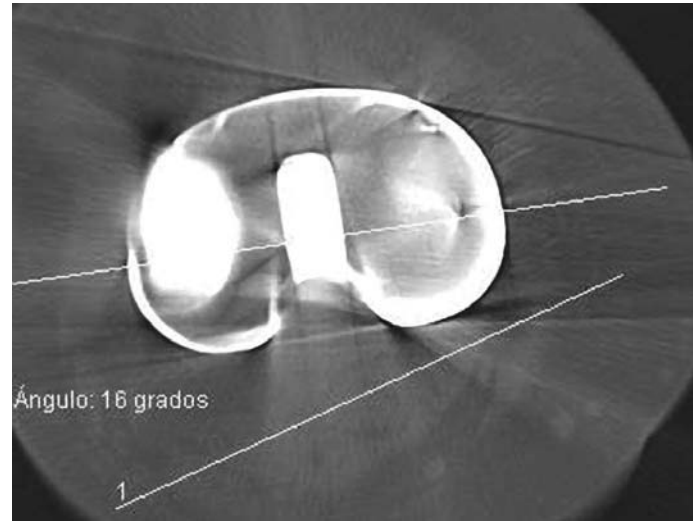
**Fig. 3.** Eje transversal del tobillo atravesando maléolo tibial, astrágalo y maléolo peroneo (tomado de Abbels *et al*).



**Fig. 4.** Corte de TAC en el tobillo.



**Fig. 5.** Traslación del eje transversal del tobillo a la tibia para medir el ángulo de rotación tibial preoperatorio (13°).



**Fig. 6.** Medición del ángulo de rotación tibial postoperatorio, en este caso de 16°.

En el postoperatorio se repitió el estudio con TAC, tomando como referencia en la tibia la línea que une los centros geométricos de las dos circunferencias que conforman el borde exterior de la bandeja protésica, que, al ser un implante simétrico, coincide con la tangente al borde posterior, y en el tobillo la línea anteriormente descrita (Figura 6).

Toda la información recogida fue almacenada en una hoja convencional de cálculo y el tratamiento de los datos se realizó con el paquete estadístico SPSS 12. Se usó la T de Student para muestras relacionadas en los análisis de alineación pre y postoperatoria.

## Resultados

No se observaron diferencias entre los grupos con y sin navegación en cuanto a la edad ni IMC. El ángulo fémoro-tibial mecánico preoperatorio de la extremidad en el plano frontal de la serie completa medido en la telerradiografía fue de 0,83° de varo (DS: 7,40). En el grupo donde se hizo navegación fue de 0,48° de valgo (DS: 8,93) y con el de técnica convencional, de 2,08° de varo (DS: 5,26). No encontramos diferencias estadísticamente significativas en la angulación del eje mecánico preoperatorio entre ambos grupos ( $p= 0,21$ ). Tanto este hecho como la ausencia de diferencias epidemiológicas confirman que los grupos eran similares y, por tanto, comparables estadísticamente.

La rotación tibial preoperatoria fue 15,83° (DS: 7,32) de rotación externa en la serie total. La media de la rotación tibial postoperatoria de la serie total fue de 17,57° de rotación externa (DS: 10,31); en el grupo con navegación fue de 18,91° (DS: 11,31) y en el de técnica convencional,

de 16,58° (DS: 9,38); sin diferencias significativas entre ambos ( $p=0,44$ ).

En los casos realizados con CAO, la deformidad en el plano frontal pre y postoperatorio, recogiendo los datos del informe que emite el sistema de navegación, tuvo una media de deformidad inicial del 1° de varo (DS: 8,58°), con límites de 20° de varo y 11° de valgo; la situación final fue de 0,12° de valgo (DS 1,17°), con límites de 2,5° de varo a 2° de valgo.

La rotación tibial definitiva, tomando como referencia el eje trasnepicodíleo femoral, mostraba una media de 0,7° de rotación externa (DS: 5,65°), con límites de 17° de rotación interna a 10,5° de rotación externa.

## I Discusión

La instrumentación estándar para la colocación de las ATR ha mejorado en los últimos años, es más versátil, permite una discreta individualización y es posible que sea una de las causas de los mejores resultados que ofrece actualmente este procedimiento. No obstante, puede estar sujeta a errores, pues las referencias son visuales, subjetivas y no reproducibles. Para la alineación del componente tibial se dispone de dos técnicas: la alineación intramedular y la extramedular. La primera es de uso limitado, ya que perfora el canal medular de la tibia, está sujeta a complicaciones como una falsa vía y no puede usarse si existen deformidades de la diáfisis u ocupación del canal, bien por antiguas fracturas o por material de osteosíntesis. La instrumentación extramedular toma como referencia el centro de la cara superior de la tibia, la tuberosidad tibial anterior y el centro del tobillo revelado como el eje del 2°-3° metatarsiano [5]. Aceptada esta posición por el cirujano, se realiza el corte proximal de la tibia a través de plantillas del tamaño elegido. Para encontrar la rotación ideal se usan, además de esas referencias, otros métodos, como deslizar la prótesis tibial de prueba con el componente femoral de prueba instalado para que la bandeja tibial se «autocoloque» en la mejor posición de congruencia. De cualquier manera, puede entenderse que estas maniobras son poco exactas y sujetas a gran variabilidad, siendo relativamente fáciles los errores de varios grados en cuanto a la rotación interna o externa.

La cirugía asistida con ordenador o navegación quirúrgica es una técnica que, introducida en los últimos años del pasado siglo, ocupa un lugar reconocido en la cirugía protésica. Evita impresiones subjetivas al colocar los implantes; añade seguridad y reproductibilidad a las técnicas artroplásticas; permite comprobar a lo largo de la intervención la orientación y espesor de los cortes óseos y, por tanto, corregirlos; facilita el equilibrio ligamentoso; certifica el resultado y, en

fin, aporta la exactitud y comodidad que la informática añade en muchos aspectos de nuestra vida.

La colocación correcta de los componentes en las ATR es una condición imprescindible para un buen resultado de este procedimiento. Se sabe que la asociación de un componente femoral rotado internamente y el tibial externamente inhibe de manera severa la función de la rodilla artroplástica [6]. Así, como en el plano frontal los estudios radiográficos estándar permiten saber cuál es la situación pre y postoperatoria del eje de la extremidad, ello no es posible en el plano rotacional, precisándose estudios con TAC, lo que no parece factible ni coste-efectivo para llevar a cabo de forma rutinaria.

Esta dificultad impide conocer realmente cuál es la situación de los componentes, comparar con la situación previa y orientar el tratamiento hacia una nueva intervención para recolocar los implantes si ello es necesario. Estudios recientes [7][8] utilizando tomografías axiales constatan que el 50% de los casos presentaban una rotación mayor de 5° en la bandeja tibial, con una oscilación de 25° para este componente y de 9° para el femoral, y, lo que es más comprometido para la evolución de la ATR, una tendencia hacia la colocación en rotación interna. Esta variabilidad en la colocación de la prótesis es muestra de las dificultades que este tiempo quirúrgico conlleva y de la frecuencia de una posición rotacional inadecuada que no puede diagnosticarse de manera sencilla.

El mayor problema que tiene la colocación de una bandeja tibial es la necesidad de colocarla atendiendo no a la anatomía donde va colocada, sino al eje de la extremidad teniendo en cuenta la diáfisis tibial y el tobillo. Una de las técnicas utilizadas para la colocación de este componente es seguir escrupulosamente la indicación de la instrumentación específica del implante, que recoge la situación de los maléolos en el tobillo. Otro método se basa en referencias anatómicas, bien la línea condilar posterior o la tuberosidad tibial anterior, colocando el centro del borde anterior de la bandeja en el espacio entre la mitad y un tercio externo de la misma. Por último, el denominado «autoalineamiento» permite, a través de movimientos de flexo-extensión pasiva, que la bandeja rote libremente con el componente femoral de prueba colocado; al conseguir la posición adecuada, el cirujano fija el implante al plano óseo [9]. Ninguno de estos métodos ha mostrado una clara superioridad sobre otro y puede decirse que este tiempo es arbitrario y no reproducible, siendo frecuente que el cirujano utilice la asociación de varios de estos sistemas [10] e incluso compruebe el deslizamiento fémoro-patelar antes de colocar definitivamente la bandeja protésica tibial.

La navegación quirúrgica permite conocer la situación previa, colocar adecuadamente el componente y conocer la situación final en cuanto a este eje rotacional. Por tanto, al menos se tiene constancia de cuál es la situación previa y cuál es la final, lo que permite decidir las alternativas terapéuticas. La CAO ha demostrado que mejora la colocación de la artroplastia tanto en el plano frontal como en el lateral, incluso en rodillas con deformidades previas [11]. En el plano rotacional, mucho menos estudiado, existen discrepancias en la literatura. Algunos autores [12] encuentran que la CAO mejora la colocación en este plano, mientras que nuestro grupo no ha podido demostrar esta ventaja, al menos en cuanto al componente femoral [13]. A pesar de ello, y aunque los resultados definitivos de la CAO deben esperar unos años, es presumible que si la colocación de los implantes es mejor, la evolución clínica será igualmente mejor que con la técnica estándar.

En este estudio hemos utilizado la tomografía axial para conocer la rotación tibial antes y después de la colocación del implante. La TAC es un método recomendado para el estudio de la rotación tibial [14], y con los nuevos tomógrafos y con técnicas esmeradas, la radiación residual puede disminuir. Evidentemente, no debe utilizarse como una técnica diagnóstica sistemática, pero es una indicación clínica común cuando existe alteración mecánica fémoro-patelar y los datos clínicos u otras técnicas diagnósticas no son demostrativas. A pesar de ello, no es frecuente en la literatura el estudio de las rotaciones de los componentes de las ATR mediante TAC; son pocas las referencias disponibles [2][8][15] y solo abarcan unas decenas de TAC, no llegando en ningún caso al número de la presente serie.

Se han utilizado muchos ejes y referencias para analizar y cuantificar la rotación de la tibia con la TAC [7]. Sin considerar los sistemas que referencian el eje transepicondileo femoral [16], se han recomendado la línea entre las espinas tibiales [17], el tubérculo tibial anterior, los centros de las mesetas tibiales, la inserción del ligamento cruzado posterior o el borde posterior de la tibia [18]. A su vez, tomando la tuberosidad anterior, se ha usado el borde interno, el tercio medial, el punto más prominente o la inserción del tendón rotuliano [19]. Con tan elevado número de posibilidades, ya puede entenderse que el tema no está resuelto. Estas referencias varían con elevados rangos en los pacientes y eso explica la gran variabilidad en la rotación de la tibia que muestran los trabajos aparecidos sobre el tema. Por otro lado, si el alineamiento rotacional se calcula solo en relación con la parte superior de la tibia, se conoce que una desviación de 1 mm en la localización del tubérculo tibial supone hasta una desviación de 5° en la rotación de la pier-

na. Cuando se usa la tuberosidad como referencia hay una gran dispersión en las cifras de rotación, que oscilan entre 14° y 29° [20]. Si se utiliza el borde posterior de la tibia como referencia, el alineamiento a través de la tuberosidad anterior exige una rotación externa de más de 30°.

Nosotros hemos utilizado, tanto en el estudio preoperatorio como en el postoperatorio, el denominado eje tibial anatómico [7], formado por una línea que une los centros geométricos de ambas mesetas tibiales y la traslación del eje transversal del tobillo. Otras mediciones basadas sobre todo en la tangente al borde posterior de la tibia son más difíciles de reproducir, son más vulnerables a alteraciones óseas puntuales [16] y solo con el implante ya colocado pueden aportar mayor seguridad en la medición [3][15]. En un análisis preliminar que realizamos antes de iniciar la recogida de datos de este estudio, comprobamos cómo la tangente al borde posterior de la meseta es de difícil identificación y supone una gran variabilidad dependiendo del nivel de corte y de la presencia de malformaciones óseas como osteofitos.

Los dos grupos de nuestra serie son homogéneos en cuanto a peso, sexo, edad, índice de masa corporal y situación axial preoperatoria medida a través del eje mecánico fémoro-tibial en la telerradiografía, lo que permite que puedan ser comparados. La amplitud de la rotación previa de la tibia ha sido muy llamativa: encontramos casos desde 5° a 36° de rotación externa. Este dato ha sido insuficientemente aclarado en la literatura y aparece también en otros trabajos sobre la rotación tibial [7]. En el estudio postoperatorio no hemos encontrado diferencias en la rotación tibial entre ambos grupos, lo que supone que, al menos en rodillas sin deformidades, como esta serie, no puede asegurarse que la CAO mejore la colocación de la ATR en este plano. Sin embargo, el eje fémoro tibial en posición frontal ha sido mejor en el grupo con navegación, lo que coincide con otros estudios. En este grupo con navegación todos los casos mostraron una corrección del eje hasta cifras que se consideran ideales ( $\pm 3^\circ$ ), incluso partiendo de 20° de varo o de 11° de valgo. La discrepancia entre los resultados con la navegación en el plano frontal y rotacional también ha sido constatada por otros autores [21], quienes advierten sobre la conveniencia de realizar estudios más amplios y con TAC como el nuestro.

Según nuestros resultados, no solo la navegación sino también la instrumentación convencional en manos de cirujanos expertos permite colocar adecuadamente la prótesis tibial en el plano rotacional. Podemos afirmar que la instrumentación estándar y las referencias anatómicas que habitualmente toma el cirujano, o sea, la posición de la tuberosidad anterior y del ligamento rotuliano y el centro del tobillo, permiten una correcta colocación de la bandeja ti-

bial en este plano; la CAO no aporta ventajas en este tiempo quirúrgico. Es posible que esta técnica tenga su mayor indicación en rodillas con deformidades axiales, casos con malrotaciones previas y específicamente cuando no pueda utilizarse la instrumentación convencional. Pretendemos continuar este estudio incrementando el número de casos, utilizando el mismo modelo de artroplastia y de sistema de navegación, lo que puede modificar la valoración estadística de los datos y la trascendencia de los resultados obtenidos. ■

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernández-Vaquero D, Cervero-Suárez J, De Cima-Suárez M, Cuervo-Olay MC, Fernández-Carriera JM. Resultados de las artroplastias de rodilla ¿Coinciden la opinión del cirujano y del paciente? *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* 2008; 52:295-9.
- Barrack RL, Schrader T, Bertot AJ, Wolfe MW, Myers L. Component rotation and anterior knee pain after knee arthroplasty. *Clin Orthop Rel Res* 2001; 392:46-55.
- Nicoll D, Rowley DI. Internal rotational error of the tibial component is a major cause of pain after total knee replacement. *J Bone Joint Surg (Br)* 2010; 92-B:1238-44.
- Abbeels J, Bard M, Bernageau J, Busson J, Cofre C, Godefroy D. *Le scanner osteo-articulaire*. Editions Vigot, Paris, 1986; P:158-170.
- Maestro A, Harwin SF, Sandoval MG, Vaquero DH, Murcia A. Influence of intramedullary versus extramedullary alignment guides on final total knee arthroplasty component position: a radiographic analysis. *J Arthroplasty* 1998; 13:552-8.
- Thompson JA, Hast MW, Granger JF, Piazza SJ, Siston RA. Biomechanical effects of total knee arthroplasty component malrotation: a computational simulation. *J Orthop Res* 2011; 29:969-75.
- Cobb JP, Dixon H, Dandachli W, Iranpour F. The anatomical tibial axis. Reliable rotational orientation in knee replacement. *J Bone Joint Surg (Br)* 2008; 90-B:1032-8.
- Bédard M, Vince KG, Redfern J, Collen SR. Internal rotation of the tibial component is frequent in stiff total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2011; 469:2346-55.
- Aglietti P, Sensi L, Cuomo P, Ciardullo A. Rotational position of femoral and tibial components in TKA using transepicondylar axis. *Clin Orthop Relat Res* 2008; 466:2751-5.
- Ikeuchi M, Yamanaka N, Okanou Y, Ueta E, Tani T. Determining the rotational alignment of the tibial component at total knee replacement. A comparison of two techniques. *J Bone Joint Surg (Br)* 2007; 89-B:45-9.
- Hernández-Vaquero D, Suárez-Vázquez A, Sandoval-García MA, Noriega-Fernández A. Computer assistance increases precision of component placement in total knee arthroplasty with articular deformity. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468:1237-41.
- Stöckl B, Nogler M, Rosiek R, Fisher M, Krismer M, Kessler O. Navigation improves accuracy of rotational alignment in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 426:190-6.
- Hernández Vaquero D, Suárez-Vázquez A, Fernández Simón JM, Noriega Fernández A. Rotación del componente femoral en las artroplastias de rodilla. Utilidad de la cirugía asistida con ordenador. *Trauma Fund Mapfre* 2010; 21:145-62.
- Jazrawi LM, Birdzell L, Kummer FJ, Di Cesare PE. The accuracy of computed tomography for determining femoral and tibial total knee arthroplasty component rotation. *J Arthroplasty* 2000; 15:761-6.
- Berger RA, Crosset LS, Jacobs JJ, Rubash HE. Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1998; 356:144-53.
- Incavo SJ, Coughlin KM, Pappas C, Beynon BD. Anatomic rotational relationships of the proximal tibia, distal femur, and patella: implications for rotational alignment in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2003; 18:643-8.
- Akagi M, Oh M, Nonaka T, Tsujimoto H, Asano T, Hamanishi C. An anteroposterior axis of the tibia for total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 420:213-9.
- Lutzner J, Krummenauer F, Gunther KP, Kischner S. Rotational alignment of the tibial component in total knee arthroplasty is better at the medial third of tibial tuberosity than at the medial border. *BMC Musculosk Dis* 2010; 11:57.
- Fukagawa S, Matsuda S, Mitsuyasu H, Miura H, Olazaki K, Tashiro Y, Iwamoto Y. Anterior border of the tibia as a landmark for extramedullary alignment guide in total knee arthroplasty for varus knee. *J Orthop Res* 2011; 29:919-24.
- Bonin MP, Saffarini M, Mercier PM, Laurent JR, Carrillon Y. Is the anterior tibial tuberosity a reliable rotational landmark for the tibial component in total knee arthroplasty? *J Arthroplasty* 2011; 26:260-7.
- Cheng T, Zhang G, Zhang X. Imageless navigation system does not improve component rotational alignment in total knee arthroplasty. *J Surg Res* 2011; 171:590-600.

### Conflicto de intereses

Los autores hemos recibido ayuda económica de FUNDACIÓN MAPFRE para la realización de este trabajo. No hemos firmado ningún acuerdo por el que vayamos a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial o de FUNDACIÓN MAPFRE.