

INVESTIGACIÓN

2009

**POSICIÓN ROTACIONAL DE LOS  
COMPONENTES EN LA ARTROPLASTIA  
DE RODILLA. UTILIDAD DE LA CIRUGÍA  
ASISTIDA CON ORDENADOR**

**FUNDACIÓN MAPFRE**

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

## Investigador Principal

### **Daniel Hernández Vaquero**

Dr. en Medicina.  
Jefe servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología.  
Hospital San Agustín, Avilés (Asturias)  
Profesor Facultad de Medicina de la Universidad de Oviedo (Asturias)

## Equipo de investigación

### **Javier Alonso Figaredo**

Dr. en Medicina.  
Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología.  
Hospital Universitario de San Agustín, Avilés (Asturias)

### **Javier Cervero Suarez**

Dr. en Medicina.  
Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología.  
Hospital Universitario de San Agustín, Avilés (Asturias)

### **José Manuel Fernández Carrera**

Dr. en Medicina.  
Unidad de investigación.  
Hospital Universitario de San Agustín, Avilés (Asturias)

### **José Manuel Fernández Simón**

Dr. en Medicina.  
Especialidad en Radiología.  
Hospital Universitario de San Agustín, Avilés (Asturias)

## Índice

	Página
1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS	5
3. MATERIAL Y MÉTODO	5
4. RESULTADOS	7
5. DISCUSIÓN	7
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9

## 1. INTRODUCCIÓN

La artroplastia total de rodilla (ATR) es un procedimiento bien reconocido como tratamiento de los procesos degenerativos de la rodilla cuando las alternativas terapéuticas conservadoras han fracasado. Aunque sus resultados pueden considerarse excelentes con unas supervivencias del implante alrededor del 90% a los 10 y 15 años, existe un porcentaje de pacientes nada desdénable que refiere dolor o limitación funcional severa tras este procedimiento y que en la literatura se sitúa entre un 10 y un 20% (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 y/o tibial.

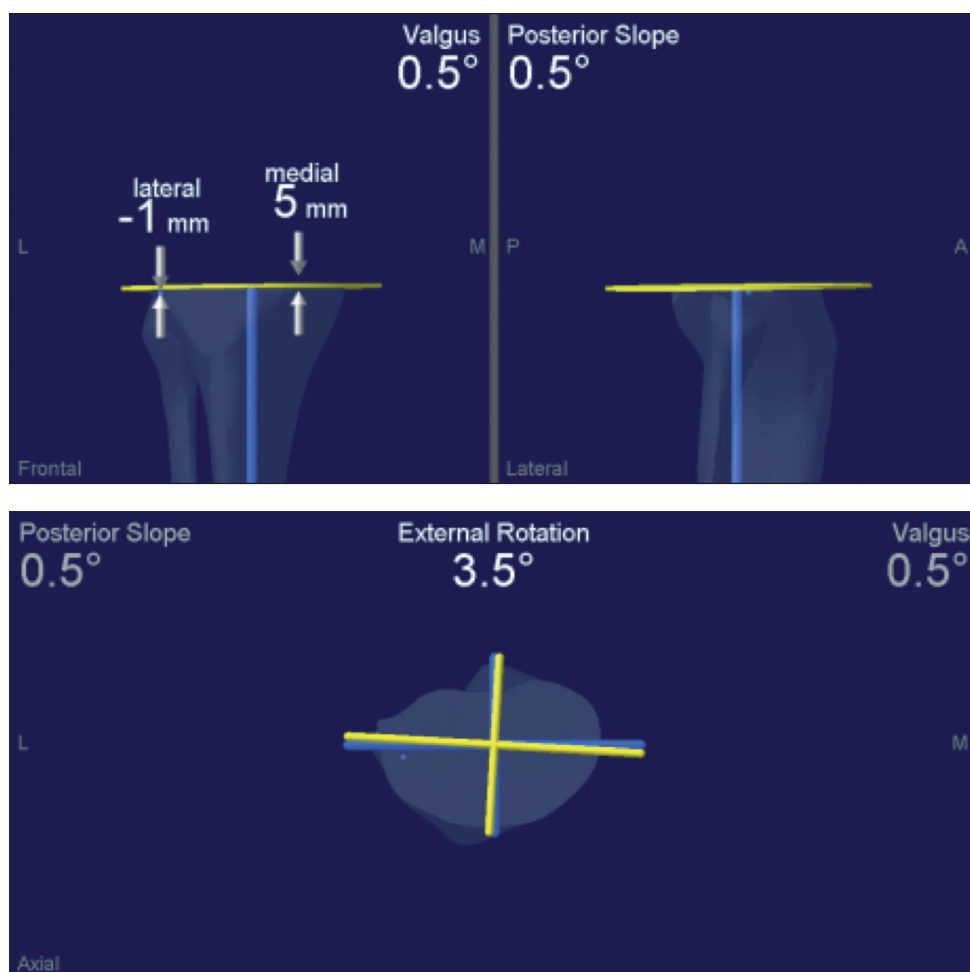
Trabajos ya clásicos como el publicado por Barrack y cols (2) exponen que los pacientes con dolor en la cara anterior de la rodilla tras una ATR presentan una rotación interna media en el componente tibial de 6° en comparación con los pacientes sin dolor cuya rotación se sitúa en 0,6° de rotación externa. Trabajos más recientes realizados mediante Tomografía axial (TAC) insisten en este hallazgo. Nicoll y cols (3) han estudiado 39 rodillas artroplásticas dolorosas y 26 sin dolor. La rotación interna en el primer grupo fue de 4,2° de media, mientras en el grupo sin dolor fue de 2,2° de rotación externa, con diferencias estadísticamente significativas. 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 alrededor del 5% de sus casos tienen una rotación interna del componente tibial lo que origina dolor, hecho que nunca sucedió cuando el error fue la colocación en rotación externa. Puede por tanto asegurarse que el dolor anterior, complicación frecuente que no tiene tratamiento efectivo conocido, está en relación con esta malposición. Además de originar dolor y limitaciones funcionales, la malposición rotacional de los componentes, especialmente del tibial, influye específicamente sobre otro importante grupo de complicaciones de las ATR, como son las alteraciones rotulianas, especialmente la inestabilidad o las luxaciones femoro-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 por tanto considerarse no solo el eje de la parte superior de la tibia sino 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 algunos grados de rotación externa, como ya antes referíamos, es la pauta común.

La instrumentación estándar para la colocación de las ATR ha mejorado en los últimos años. Es más versá-

til, 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 intra o 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 (4). 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 errores de varios grados en cuanto a la rotación interna y/o externa.

La cirugía asistida con ordenador (CAO) o navegación quirúrgica es una técnica que introducida en los últimos años del pasado siglo, ha venido a ocupar un lugar ya reconocido en el arsenal quirúrgico de la Cirugía Ortopédica y especialmente en las artroplastias de rodilla. 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 balance ligamentoso, certifica el resultado y en fin aporta la exactitud y comodidad que la informática añade en muchos aspectos de nuestra vida. A partir de la recogida de datos que el cirujano va introduciendo en el sistema, el programa informático le orienta sobre los gestos necesarios para colocar la artroplastia correctamente según la imagen virtual que previamente el sistema ha diseñado. La alineación del componente tibial mediante la navegación se basa en los datos que se introducen al comenzar la intervención. En primer lugar se “mapea” con el puntero las mesetas tibiales, se localiza el centro de la parte superior de la tibia y el eje frontal de la misma, posteriormente se palpan los dos maléolos y el centro del tobillo. Con estos datos el sistema halla el eje de pierna en la situación preoperatoria y a partir de ello va informando al cirujano como deben realizarse los cortes óseos y como debe colocarse la bandeja correctamente en cuanto a la rotación, en cuanto al plano frontal y en cuanto al plano sagital (Figura 1).



**Figura 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°).

Tras la colocación de la prótesis de prueba el sistema informa cual es la situación estática y dinámica de la extremidad, que a su vez puede modificarse 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 balance ligamentoso.

## 2. OBJETIVOS

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 utilización de la instrumentación estándar y la navegación quirúrgica.

## 3. MATERIAL Y MÉTODO

Se ha realizado un estudio prospectivo y aleatorizado implantando una ATR en 58 casos, en 24 con cirugía estándar y en 34 con CAO. La serie inicial era de 60 casos, pero 2 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 realizado una artrodesis del tobillo. Nueve se realizaron de manera bilateral por lo que la serie abarca 49 pacientes. Los pacientes procedían de la lista de espera del Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital San Agustín (Universidad de Oviedo) y fueron intervenidos entre los años 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. La aleatorización se realizó a partir de la entrada en lista de espera, no sabiendo el cirujano responsable a que 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. Treinta y tres casos se implantaron en mujeres y 16 en hombres. La edad media de la serie fue de 64 años, el peso de 82,6 (DS 14,93) con límites de 53 y 114. La talla media fue de 163,2 (DS 7,41) 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. En el grupo de cirugía estándar se usó la instrumentación proporcionada por la firma comercial, utilizando

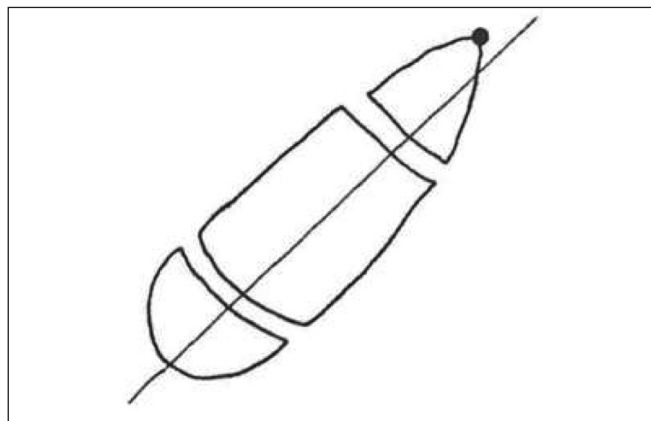
siempre la alineación extramedular. La rotación del componente se decidió atendiendo a lo mostrado en esta instrumentación y valorando la localización de la tuberosidad tibial y el centro del tobillo, persiguiendo una posición rotacional entre 0° y 5° de rotación externa. En el grupo de navegación se 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 final debía situarse igualmente entre 0 y 5° de rotación externa.

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 rotula a 30° y una telerradiografía incluyendo cadera, rodilla y tobillo (Figura 2).



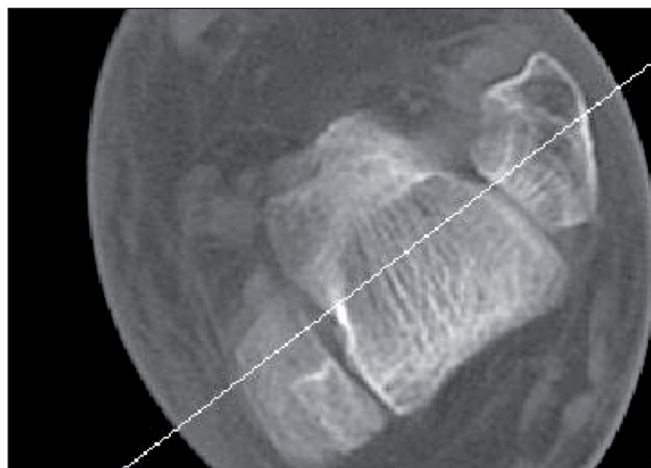
**Figura 2.** Telerradiografía de ambas extremidades inferiores. Estudio preoperatorio para la rodilla derecha. Artroplastia de rodilla izquierda implantada con navegación en extremidad con deformidades postraumáticas en femur y tibia.

Entre 1 y 2 semanas antes de la intervención quirúrgica se practicó una TAC con la extremidad en extensión, incluyendo rodilla y tobillo, que se repitió entre 1 y 2 meses después de la intervención. Este estudio se realizó con un 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 4 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, a nivel de la interlinea articular tibio-peroneo-astragalina. Se seleccionó el corte donde aparecen los dos maleolos y el astrágalo, hueso que tiene forma rectangular en esta localización (Figura 3).



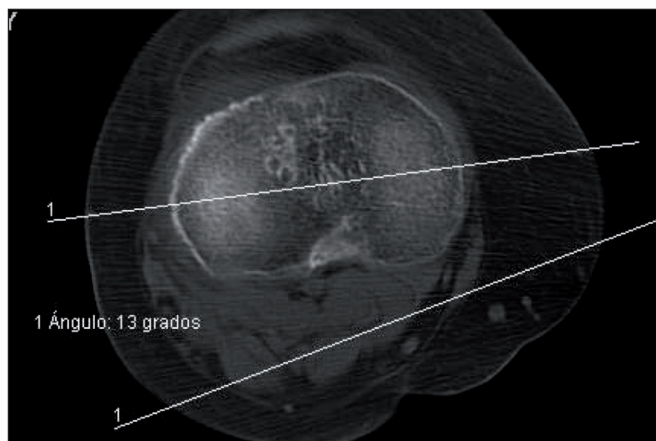
**Figura 3.** Eje transversal del tobillo atravesando maléolo tibial, astrágalo y maléolo peroneo (tomado de Abbels y cols) (5)..

Se trazó una línea paralela a los bordes del astrágalo atravesando los tres huesos referidos (5) (Figura 4).



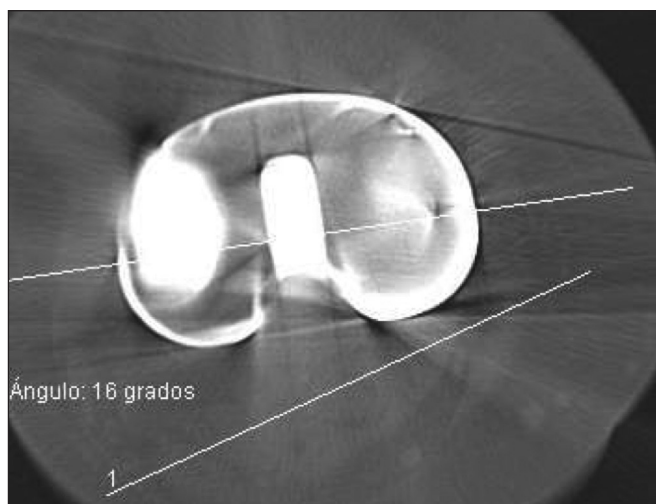
**Figura 4.** Corte de TAC en el tobillo.

El ángulo formado por estas dos líneas, (la que une los centros geométricos de las dos mesetas y el ángulo transversal del tobillo) es el 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 esta conservada (Figura 5).



**Figura 5.** Traslación del eje transversal del tobillo a la tibia para medir el ángulo de rotación tibial preoperatorio. En este caso 13°.

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).



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

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

Todos los pacientes firmaron un consentimiento informado, todos aceptaron entrar en el estudio y ninguno solicitó su exclusión a lo largo del mismo.

## 4. RESULTADOS

No existen casos perdidos, los 58 casos fueron estudiados hasta completar el trabajo. 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; fueron valorados por los autores del estudio cerca de 1000 cortes radiográficos de los que se seleccionaron 232 para efectuar las mediciones ya comentadas. No se observaron diferencias entre los grupos con y sin navegación en cuanto a la edad ni IMC. El ángulo femoro-tibial mecánico preoperatorio de la extremidad en el plano frontal de la serie completa medido en la teleradiografía 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 en el de técnica convencional de 2,08° de varo (DS 5,26). No existían diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ( $p=0,21$ ) en la angulación del eje mecánico preoperatorio. 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 ( $p=0,44$ ). Pudimos también estudiar en los casos realizados con CAO la deformidad en el plano frontal pre y postoperatoria recogiendo los datos del informe que emite el sistema de navegación. La media de deformidad inicial fue de 1° de varo (DS 8,58) con límites de 20° de varo a 11 de valgo y 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 trasnepicóndileo femoral que también se recoge en ese informe 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.

## 5. DISCUSIÓN

La colocación correcta de los componentes en las ATR es una condición imprescindible para un buen resultado de este procedimiento. Se conoce 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 cual 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 hacer de manera rutinaria.

Esta dificultad impide conocer realmente cual 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 encuentran que el 50% de los casos presentaban una malrotación 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 malposición rotacional que además no puede diagnosticarse de manera sencilla.

Se han descrito diferentes métodos para guiar adecuadamente la colocación de la bandeja tibial en la posición rotacional. El mayor problema que para ello se tiene es la necesidad de colocar la bandeja atendiendo no a la parte anatómica donde va colocada sino al eje de la extremidad teniendo en cuenta la diáfisis tibial y el tobillo. Uno 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 ellos 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 femoro-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 cual 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 lateral, incluso en rodillas con deformidades previas (11). En el plano rotacional, que ha sido 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, a través de otra Ayuda de la Fundación Mapfre, 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 femoro-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. Se conocen pocos trabajos sobre este tema (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 en estudios con 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 suficientemente 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 pierna. Cuando se usa esta 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 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 estudio preliminar que realizamos antes de iniciar la recogida de datos de este estudio comprobamos como 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 femoro-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 femoro 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 han sido encontrados 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 tibial 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.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernandez-Vaquero D, Cervero-Suarez J, De Cima-Suarez M, Cuervo-Olay MC, Fernandez-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* 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* 92-B 2010;1238-44.
- 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.
- Abbeels J, Bard M, Bernageau J, Busson J, Cofre C, Godefroy D. *Le scanner osteo-articulaire*. Editions Vigot, Paris, 1986; P:158-170.
- 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* 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* 2007; 89B: 45-9.
- Hernández-Vaquero D, Suarez-Vazquez A, Sandoval-Garcia MA, Noriega-Fernandez 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, Krismmer M, Kessler O. Navigation improves accuracy of rotational alignment in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 426:190-6.
- Hernández-Vaquero D, Suarez Vazquez A, Fernandez Simon JM, Noriega Fernandez 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.
- Bonnin 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 proyecto. No hemos firmado ningún acuerdo por el que vayamos a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial o de FUNDACIÓN MAPFRE.