

# INVESTIGACIÓN 2007



**ROTACIÓN DEL COMPONENTE FEMORAL  
EN LAS ARTROPLASTIAS DE RODILLA. UTILIDAD  
DE LA CIRUGÍA ASISTIDA CON ORDENADOR.**

**FUNDACIÓN MAPFRE**

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

## **Autores**

### **Daniel Hernández-Vaquero**

Dr. en Medicina y Cirugía.  
Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital San Agustín, Avilés.  
Facultad de Medicina, Universidad de Oviedo.

### **A. Suarez-Vázquez**

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital San Agustín, Avilés.  
Facultad de Medicina, Universidad de Oviedo.

### **A. Noriega Fernández**

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital San Agustín, Avilés.  
Facultad de Medicina, Universidad de Oviedo.

### **J. Fernández Simón**

Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital San Agustín, Avilés.  
Facultad de Medicina, Universidad de Oviedo.

## Índice

1. Resumen	4
2. Introducción	4
3. Material y métodos	5
4. Resultados	6
5. Discusión	6
6. Bibliografía	8
7. Anexos	9

## 1. RESUMEN

Objetivos: conocer si las referencias anatómicas adquiridas con los sistemas de navegación quirúrgica en las artroplastias de rodilla facilitan la colocación del componente femoral en la rotación adecuada y si las referencias de los cirujanos coinciden con el eje transversal anatómico de la metáfisis distal femoral hallado mediante tomografía computada.

Material y método. Estudio observacional descriptivo de corte transversal. Se analizaron 19 artroplastias de rodilla; en 7 casos se utilizó la instrumentación estándar y en 12 un sistema inalámbrico de navegación quirúrgica. A los pacientes se les realizó una TAC en el pre y postoperatorio para hallar la posición rotacional del implante en relación con el eje transepicondileo.

Resultados. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la rotación final atendiendo a la utilización del navegador. Tampoco se encontraron diferencias entre los grupos al estudiar las diferencias en el cambio de rotación entre tomografías pre y postoperatorias.

Conclusiones. La localización de los epicóndilos, gesto que forma parte de la técnica de navegación, parece reproducible y permiten implantar la artroplastia femoral en buena posición. No obstante este sistema no mejora la colocación del componente femoral en el plano transversal en relación con la técnica convencional.

Palabras Clave. Artroplastia total de rodilla, navegación, eje epicondileo.

## 2. INTRODUCCIÓN

La artroplastia total de rodilla (ATR) consigue una disminución del dolor, un aumento de la función y una evidente recuperación de la calidad de vida relacionada con la salud. Mejores diseños, la utilización de nuevos materiales e instrumentaciones, la corrección del balance ligamentoso y la posibilidad de reproducir el eje de la extremidad, han facilitado unos excelentes resultados y la incorporación definitiva de esta técnica a la práctica clínica habitual.

A pesar de la utilización de nuevos y sofisticados instrumentales para el implante de las ATR, el 10% de los cortes tibiales se realizan con errores mayores de 4° [1], que las desviaciones en la alineación final de la artroplastia son habituales, incluso en manos de cirujanos expertos [2], y que solo en el 75% se consigue una óptima alineación femoro-tibial [3]. La técnica estándar está por tanto sujeta a errores y no se aplica de manera individualizada; además, no se basa en el eje mecánico de la extremidad y no es reproducible [4,5]

Por otro lado, el factor más relacionado con el deslizamiento precoz de los componentes y la degradación de los resultados es el desequilibrio ligamentoso y la posición incorrecta o mala orientación de los componentes [6,7] por lo que un error en la orientación de los cortes supone un factor de riesgo para la supervivencia del implante.

Si por una parte es primordial la colocación de la ATR siguiendo el eje mecánico de la extremidad y por otra se aceptan las dificultades que para ello concurren, es comprensible que se busquen alternativas para subsanar estos inconvenientes. La informática ha iniciado un apoyo a la cirugía en los últimos años y desde hace algún tiempo se está aplicando a la colocación de las ATR. La estructura ósea puede ser bien evaluada mediante técnicas de imagen y permite ser reconstruida para crear imágenes tridimensionales. Al mismo tiempo es un armazón rígido y admite simulaciones de prácticas quirúrgicas mostrando los efectos de técnicas y gestos antes del acto quirúrgico real. La informática pretende facilitar los gestos manuales y mentales mediante la exactitud que ofrece la lógica matemática. Está disponible una cantidad de literatura sobre la utilidad de la navegación, también llamada cirugía asistida con ordenador (CAO), en las ATR y son numerosos los trabajos que muestran estudios comparativos entre los resultados radiográficos conseguidos con y sin navegación en el eje frontal [8-12].

Si es difícil colocar los componentes protésicos en posición correcta en el plano coronal, lo es más complejo hacerlo en el plano transversal y son muy frecuentes los errores en la rotación, sobre todo del componente femoral [13]. Ni la experiencia del cirujano ni la ayuda de la instrumentación pueden evitar estos fallos que originan alteraciones en el deslizamiento fémoro-patelar, desgastes asimétricos de la bandeja de polietileno y fracaso de la artroplastia.

La instrumentación mecánica convencional determina la rotación a través de la cara anterior de la zona supracondílea o a través del plano posterior de los cóndilos femorales pero habría que tomar el eje transepicondileo como la verdadera guía para colocar adecuadamente la artroplastia en este plano, como hace la cirugía con navegación.

Para la valoración de la rotación femoral y la colocación de acuerdo a ello del componente protésico, los sistemas de navegación en la ATR exigen la localización manual de los dos epicóndilos femorales por parte del cirujano. El sistema recoge esta información, a través de una cámara optoelectrónica, y halla el eje transepicondileo mediante un programa informático que suma otras informaciones adquiridas en la intervención. No obstante, la recogida de datos en los epicóndilos es subjetiva y poco reproducible pues considera los epicóndilos como un solo punto, el más prominente; ello puede originar errores y orientar equivocadamente al programa informático en la información sobre la correcta posición del componente femoral [14].

Los objetivos de este trabajo han sido en primer lugar conocer si las referencias anatómicas adquiridas con los sistemas de navegación quirúrgica en la ATR facilitan la correcta colocación del componente femoral en la rotación adecuada y, en segundo lugar, comprobar si la toma de referencias por parte de cirujanos expertos en navegación de rodilla es coincidente con el verdadero eje transversal de la metáfisis distal femoral comprobado mediante tomografía axial computada (TC).

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio epidemiológico observacional descriptivo de corte transversal, con 21 ATR implantadas desde junio de 2008 a mayo de 2009. Los pacientes procedían de la lista de espera quirúrgica de nuestro centro y como criterios de inclusión se consideraron la etiología artrósica, la ausencia de deformidad en cualquier eje mayor de 20° y la correcta movilidad de la cadera homolateral pues para hallar el eje mecánico de la extremidad es necesario referencial el centro de rotación de la cadera. Los pacientes firmaron un consentimiento informado antes de entrar en el estudio.

A todos los pacientes se les realizó una TC siete días antes de la intervención donde se recogió la angulación axial de la metáfisis distal del fémur tomando como referencia la línea transepicondilea. Para realizar esta medición se consideró el denominado epicóndilo clínico, la prominencia mayor del epicóndilo medial, a diferencia del denominado epicóndilo quirúrgico definido como el fondo de la hendidura interna [15]. Un grupo de pacientes fue intervenido aleatoriamente con navegación quirúrgica mediante el sistema Stryker Navigation (Figura 1) y otro con técnica estándar y alineación intramedular femoral. El implante de ATR utilizado fue el modelo Triathlon® (Stryker) con cemen-

tación femoral, tibial y patelar. En el momento de la cirugía se decidió, previa aleatorización, que tipo de técnica se iba a utilizar, con o sin ayuda de navegación quirúrgica.

Se descartaron dos casos del estudio, el primero por tener implantada una artroplastia de cadera homolateral que podía modificar la movilidad de dicha articulación y la navegación mostraría datos erróneos cuando se registra el centro de rotación de la cadera y el segundo por no poder identificar la referencia anatómica del epicóndilo interno en la TC preoperatoria y, por tanto, no poder hallar la línea transepicondilea y la rotación inicial y final. No se perdió ninguno de los 19 casos restantes, acudiendo todos los pacientes a las visitas programadas. Por tanto se evaluaron 38 TC de la metáfisis distal del fémur. En 7 casos se había realizado la ATR con instrumentación estándar y en 12 con navegación. Quince eran del sexo femenino.

Los valores negativos indicaron que los grados finales eran menores que los iniciales; a mayor valor absoluto, mayor cambio. Calculamos una variable para medir el cambio en la rotación que definimos como la diferencia entre los hallazgos de la TC post y preoperatoria.

El sistema de navegación utilizado fue inalámbrico que no precisó de imágenes previas y la versión del pro-

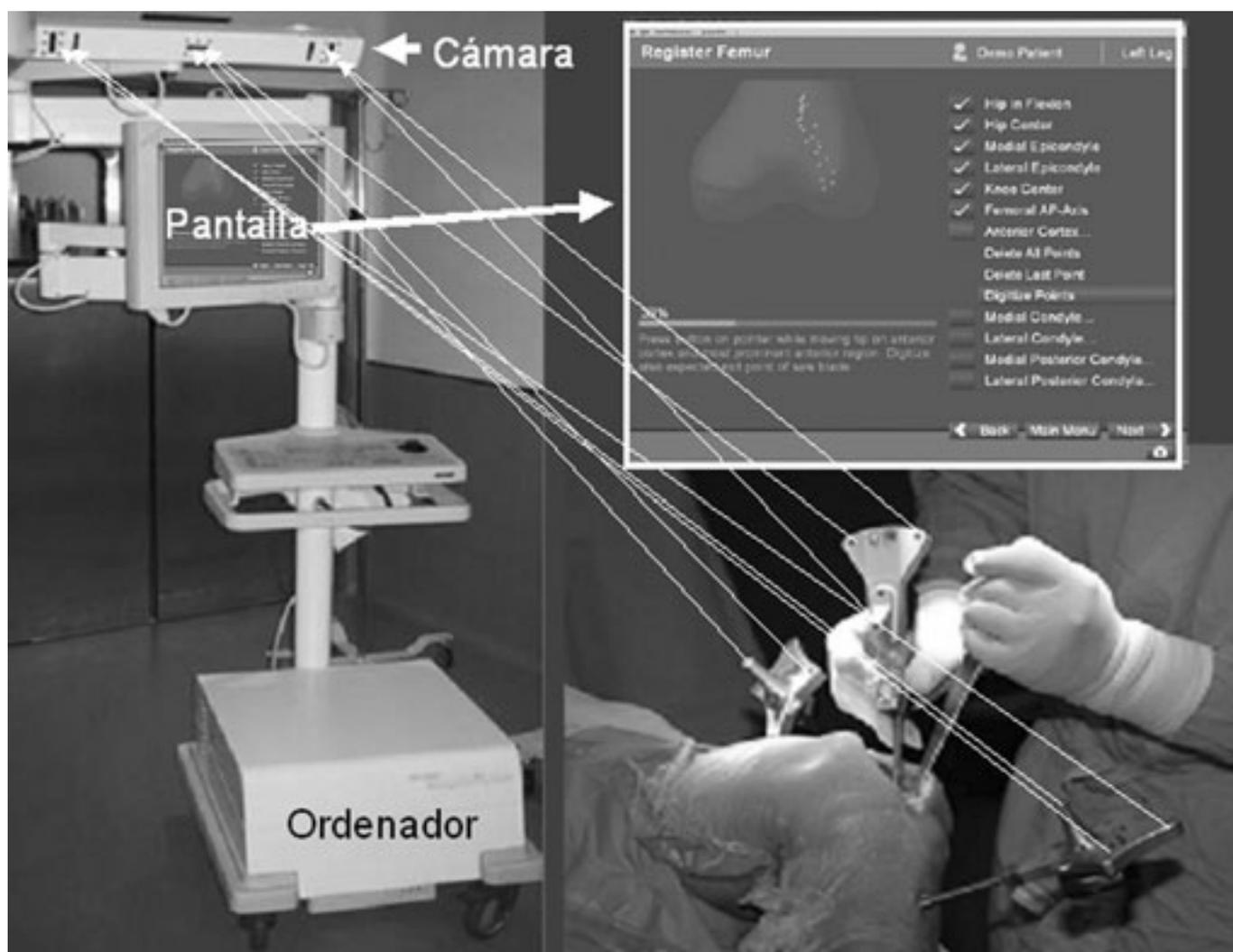
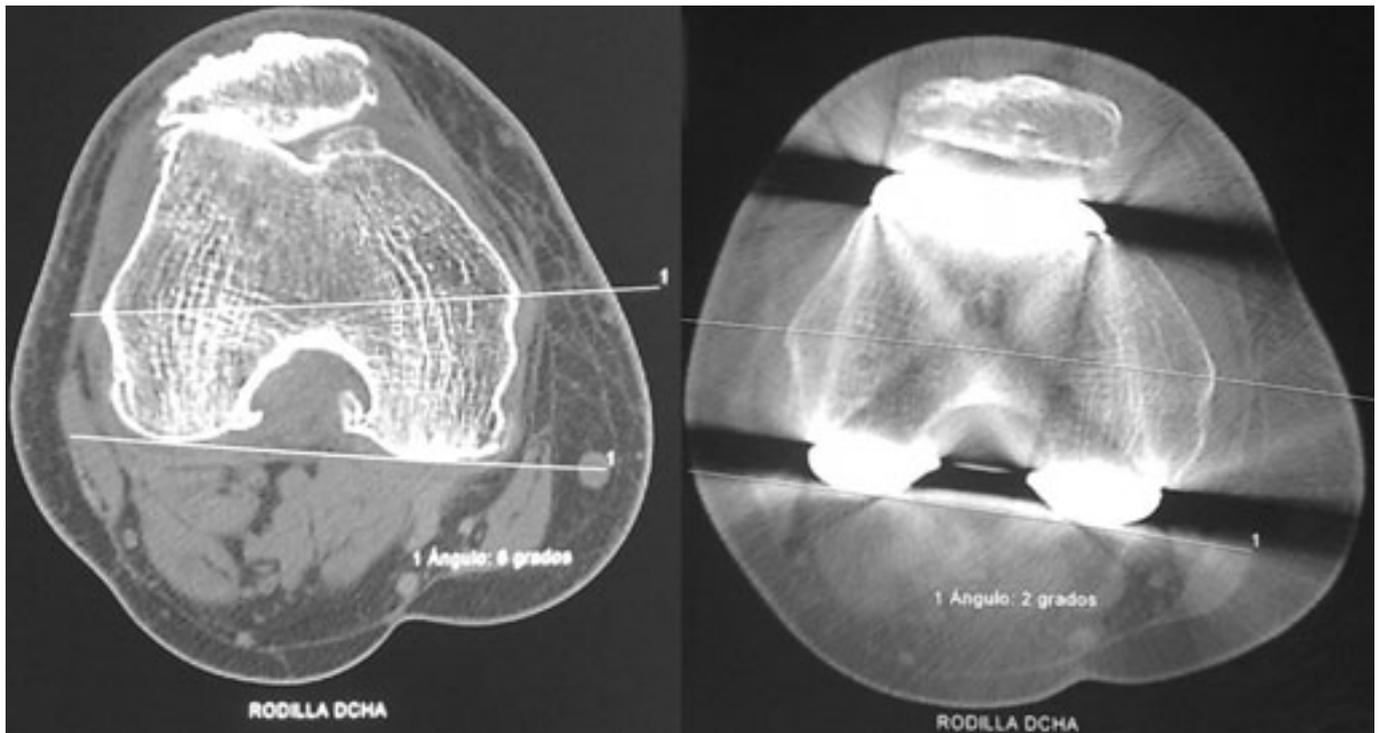


Figura 1. Recogida de datos para navegación. Toma de referencias de la extremidad distal del fémur.



**Figura 2.** TC pre y postoperatoria en un caso con navegación. Modificación de la rotación femoral desde 6° (preoperatorio) a 2° (postoperatorio).

grama usado fue la 3.1. Para la colocación del implante femoral en los casos de navegación en cuanto al eje transversal se tomaron referencias de los dos epicóndilos y del eje sagital. La rotación final obtenida se recogió mediante el informe final de la navegación.

En el postoperatorio inmediato se realizó en todos los casos una nueva TC donde se repitieron las mediciones de la imagen preoperatoria (Figura 2). Las variables analizadas fueron edad, sexo, antropometría, angulación rotacional de la metáfisis distal de fémur medida con TC preoperatoria, angulación rotacional de la metáfisis distal medida con el sistema de navegación quirúrgico y la angulación rotacional del componente femoral medido con TC postoperatoria. Para la recogida de datos se diseñó un protocolo informatizado específico; la angulación del componente protésico implantado se obtuvo por uno de los autores que desconocía el tipo de cirugía. Se estudiaron todas las variables de forma descriptiva. El análisis de concordancia en las mediciones angulares se realizó mediante análisis de correlación intraclase y gráficos de Altman. Se estratificaron los resultados según las variables epidemiológicas y antropométricas. Se utilizaron los paquetes estadísticos SPSS para Windows, versión 12 y MedCalc versión 9.3.1.

## 4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en cuanto a la medición con TC pre y postoperatoria se muestran en la tabla 1 y 2. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la rotación final atendiendo a la utilización de la navegación. En el grupo de instrumentación estándar se produjo

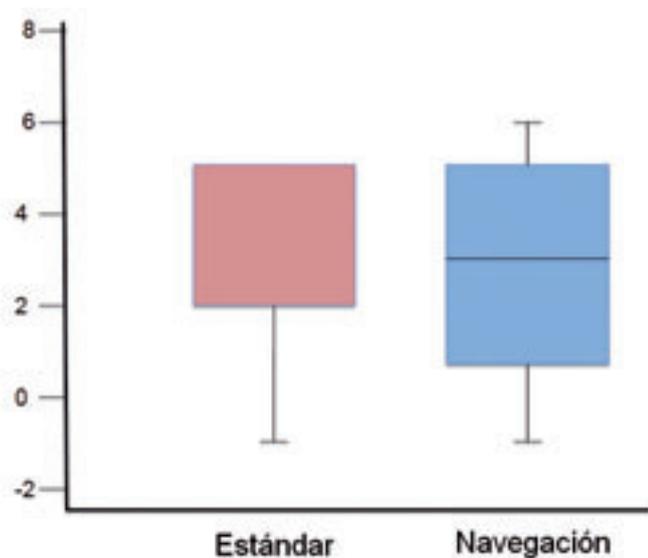
un valor anómalo extremo (Figura 3), por lo que se consideró la mediana como medida de tendencia central. Así mismo, se utilizó una prueba no paramétrica para evaluar la significación estadística de la diferencia. En la tabla 3 (Figura 4) se analizó el cambio producido en la rotación del componente femoral dependiendo de la utilización del navegador.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en esta variable que midió el cambio en la rotación.

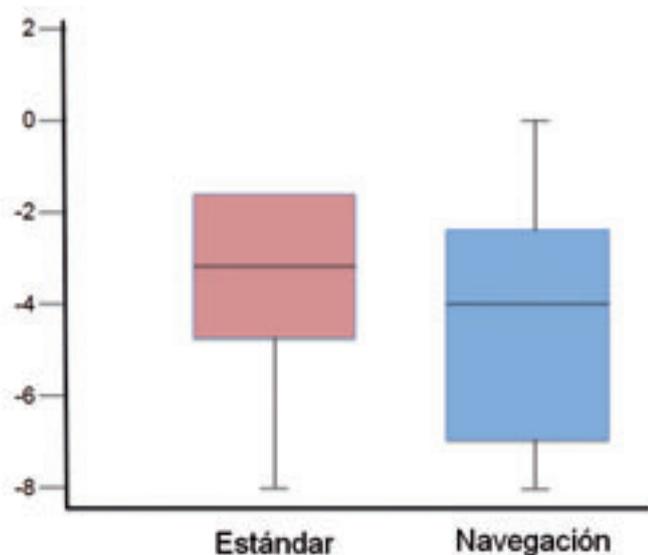
## 5. DISCUSIÓN

La cirugía ortopédica convencional presenta conocidas limitaciones para reproducir resultados con técnicas dependientes de la interpretación de complejas relaciones geométricas. Es en este campo donde los modelos matemáticos pueden definir con mayor exactitud las posiciones y trayectorias de los instrumentos quirúrgicos y, por lo tanto, suplir la variabilidad dependiente de la habilidad del cirujano. Las máquinas basadas en estos modelos son capaces de repetir con considerable precisión determinadas acciones, tanto de forma automática como interactiva, facilitando la toma de decisiones del cirujano.

La aplicación de la navegación en la colocación de las ATR se ha desarrollado para optimizar el eje final de la extremidad (a través de una mejor dirección y tamaño de los cortes femorales y tibiales) y evaluar y corregir el balance articular ligamentoso, antes y durante el acto quirúrgico. La navegación evita errores groseros en los actos quirúrgicos y facilita la mejor colocación del implante que al final derivará presumiblemente en una mayor supervivencia del mismo.



**Figura 3.** Media y desviación estándar de la TC postoperatoria ( $P=0,607$ , prueba U de Mann Whitney).



**Figura 4.** Representación del cambio en la rotación del componente femoral.

Con la navegación se realiza una cirugía individualizada evitando los gestos reglamentados y uniformes que se exigen en la técnica con instrumentación, donde la rotación del componente femoral solo se puede realizar en determinada rotación ya prefijada. En el plano transversal los errores pueden determinar complicaciones graves, a medio y largo plazo, y la navegación ha sido recomendada en la literatura con el propósito de evitarlos al hallar el eje transepicondileo que es difícil y no reproducible con la técnica instrumentada [16]. Aunque algunos autores [17,18] obtienen una mejor alineación con la navegación existen trabajos que muestran su discrepancia sobre la utilidad de esta técnica para orientar el componente rotacionalmente aunque incluso estos últimos apoyan la navegación por evitar errores groseros [19].

Pero la navegación también tiene problemas por resolver, la información que proporciona repercute en un au-

mento del tiempo quirúrgico y necesita una larga curva de aprendizaje, pero sobre todo hay tres aspectos básicos que son discutidos en la literatura y que formaran parte del desarrollo futuro de esta herramienta. Uno de ellos se refiere a su coste económico aunque se reconoce que sus beneficios a largo plazo puede compensarlo [20]. Otro aspecto se relaciona con los emisores y sus métodos de fijación. Si bien algunos estudios muestran una frecuencia escasa de problemas y además de poca importancia [21], se han descrito complicaciones graves, como fracturas. Por último, una limitación de la navegación es el posible error que puede producirse al referenciar determinadas estructuras óseas sobre las que se basa la composición de la imagen virtual originaria que conforma el navegador y que guía después todo el tiempo quirúrgico [22]. Nuestro proyecto se ha centrado específicamente en este último aspecto.

Hay trabajos previos que han llamado la atención sobre la posibilidad de errores en el momento de definir el eje transepicondileo [23]. Hemos podido demostrar que la localización y consiguiente toma de referencia de los epicondilos es reproducible y que las ATR implantadas con navegación han presentado una correcta posición del componente femoral en el eje transversal. Nuestro segundo hallazgo muestra que la rotación final media de este componente es semejante en los dos grupos de ATR, con y sin navegación. Ello supone que en rodillas sin deformidades, como en nuestra serie, no se puede asegurar que la navegación facilite la colocación del componente femoral en mejor posición que la instrumentación estándar en el plano transversal. Los nuevos sistemas de instrumentación para el implante estándar de las ATR consiguen por tanto cumplir su objetivo en este aspecto. Aunque se apreció una cierta mejoría con la navegación la diferencia no fue significativa. Ello plantea interesantes líneas de trabajo, pues se podría afirmar que no es imprescindible la referencia de la línea transepicondilea para la correcta posición del componente femoral, como hasta ahora se viene defendiendo en la literatura.

Hemos utilizado la TC como método diagnóstico para medir la angulación del eje transepicondileo. Ninguna otra técnica permite evaluar esta angulación preoperatoria que debe luego ser comparada con la obtenida después de la intervención. Aunque puede presentar algún inconveniente derivado de la imposibilidad en algunos casos de definir exactamente los epicondilos [24], como en uno de nuestros casos, toda la literatura sobre la evaluación de la posición de los componente protésicos en su eje rotacional se realizan con esta técnica, introduciendo, como hemos hecho nosotros, filtros para que la visión de las estructuras anatómicas sea mejor tras el implante de la artroplastia.

Las limitaciones de nuestro estudio han sido que el número de casos es reducido y ello puede ser la causa responsable de las escasas diferencias encontradas entre los dos grupos de ATR y que la gran variabilidad de las angulaciones obtenida puede impedir una valoración estadística adecuada. En los dos grupos los datos analiza-

dos tiene un alto nivel de discordancia, seguramente por la escasez del número de casos. También se ha planteado como un análisis exclusivamente radiográfico sin valorar otros aspectos más importantes en la evolución de una ATR como son la función de la rodilla, la presencia de dolor y la mejoría en la calidad de vida que este procedimiento puede suponer.

La aplicación de la informática a la cirugía ortopédica seguirá ampliándose en los próximos años. En el campo de las ATR las indicaciones más definidas actualmente son las grandes deformidades, la cirugía de revisión y su asociación a la cirugía mínimamente invasiva. La introducción de nuevos sistemas de sujeción al hueso de los emisores, la reproducción más exacta de la situación previa de la rodilla y la utilización de imágenes preoperatorias modificarán en los próximos años la navegación quirúrgica.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Ritter MA, Faris PM, Keating EM, Meding JB. Postoperative alignment of total knee replacement. Its effect on survival. *Clin Orthop Relat Res* 1994; 299:153-6.
- Moreland JR, Bassett LW, Hanker GJ. Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. *J Bone Joint Surg (Am)* 1987; 69-A:745-9.
- Mahalusmiwala J, Bankes MJK, Nicolai O, Aldam CH, Allen PW. The effect of surgeon experience on component positioning in 673 press fit condylar posterior-sacrificing total knee arthroplasties. *J Arthroplasty* 2001; 16:635-40.
- Delp LS, Stulberg DS, Davies D, Picard F, Leitner F. Computer assisted knee replacement. *Clin Orthop Relat Res* 1988; 354:49-56.
- Nuño-Siebrecht N, Tanzer T, Bobynd JD. Potential errors in axial alignment using intramedullary instrumentation for total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2000; 15:228-30.
- Barrack RL, Schrader T, Bertot AJ, Wolfe MW, Myers L. Component rotation and anterior knee pain after total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2001; 392: 46-55.
- Rousseau MA, Lazennec JY, Catonné Y. Early mechanical failure in total knee arthroplasty. *Int Orthop* 2008; 32:53-6.
- Jenny JY, Boeri C. Computer-assisted implantation of a total knee arthroplasty: a case controlled study in comparison with classical instrumentation. *Rev Chir Orthop* 2001, 87: 645-52.
- Sparmann M, Wolke B, Czupalla H, Barzner D, Zink A. Positioning of total knee arthroplasty with and without navigation support. A prospective, randomised study. *J Bone Joint Surg (Br)* 2003; 85-B:830-5.
- Macule-Beneyto F, Hernández-Vaquero D, Segur-Vilalta JM, Colomina-Rodríguez R, Hinarejos-Gomez P, García-Forcada I, et al. Navigation in total knee arthroplasty. A multicenter study. *Int Orthop* 2006, 30:536-40.
- Chin PL, Yang KY, Yeo SJ, Lo NN. Randomized control trial comparing radiographic total knee arthroplasty implant placement using computer navigation versus conventional technique. *J Arthroplasty* 2005; 20:618-26.
- Hernandez-Vaquero D, Barrera JL, Suárez A, García-Sandoval MA, Pérez-Hernández D. Cirugía asistida con ordenador en las artroplastias de rodilla. Estudio prospectivo. *Rev Ortop Traumatol* 2003; 47:328-35.
- Cameron HU. A Comedy of errors. The bad knee. *J Arthroplasty* 2005; 20:18-22.
- Jenny JY, Boeri C. Low reproducibility of the intra-operative measurement of the transepicondylar axis during total knee replacement. *Acta Orthop Scand* 2004; 75:74-7.
- Yoshioka Y, Siu D, Cooke TF. The anatomy and functional axes of the femur. *J Bone Joint Surg (Am)* 1987; 69-A:873-80.
- Berger RA, Rubashm H, Seel M, Thompson W, Crossettm L. Determining the rotational alignment of the femoral component in total knee arthroplasty using the epicondylar axis. *Clin Orthop Relat Res* 1993; 286:40-7.
- Ensini A, Catani F, Leardini A, Romagnoli M, Giannini S. Alignments and clinical results in conventional and navigated total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2007; 457:156-62.
- Stöckl B, Nogler M, Rosiek R, Fischer M, Krismer M, Kessler O. Navigation improves accuracy of rotational alignment in total knee arthroplasty.. *Clin Orthop Relat Res* 2004; 426:180-6.
- Han HS, Seong SC, Lee S, Lee MC. Rotational alignment of femoral components in total knee arthroplasty: nonimage-based navigation system versus conventional technique. *Orthopedics* 2006; 29(10 Suppl):S148-51.
- Carter III RE, Rush PF, Smid JA, Smith WL. Experience with Computer-Assisted Navigation for total knee arthroplasty in a community setting. *J Arthroplasty* 2008; 23:707-13
- Hernandez-Vaquero D, Suarez-Vazquez A. Complications of fixed infrared emitters in computer-assisted total knee arthroplasties. *BMC Musculoskelet Disord* 2007; 8:71-4
- Yau WP, Leung A, Liu KG, Yan CH, Wong LLS, Chiu KY. Interobserver and intra-observer errors in obtaining visually selected anatomical landmarks during registration process in non-image-based navigation-assisted total knee. *Arthroplasty* 2007, 22:1150-61.
- Siston RA, Patel JJ, Goodman SB, Delp SL, Giori NJ. The variability of femoral rotational alignment in total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg (Am)* 2005; 87-A: 2276-80.
- Hung CLW, Pan YW, Yuen CK, Bong LH, Sha LWL, Man SWH. Interobserver and intraobserver error in distal femur transepicondylar axis measurement with computed tomography. *J Arthroplasty* 2009, 24:96-100.

## 7. ANEXOS

**Tabla 1.** Demografía y resultados del ángulo transcondíleo pre y postoperatorio.

Nº	Lado	Sexo	Tc preoperatorio (°)	Tc postoperatorio (°)	Navegación
1	I	M	10	6	Si
2	D	M	4	0	Si
3	D	M	5	5	Si
4	I	M	8	2	No
5	I	H	7	-1	No
6	I	M	6	-1	Si
7	D	M	7	5	Si
8	D	H	4	2	No
9	D	M	4	1	Si
10	D	M	8	1	Si
11	D	M	10	2	Si
12	I	M	12	16	No
13	D	M	7	5	Si
14	D	M	7	5	No
15	I	M	8	5	No
16	D	H	7	4	Si
17	I	M	10	4	Si
18	D	M	6	2	No
19	D	H	4	0	Si

**Tabla 2.** Medias y rangos de las mediciones de la TC postoperatoria.

	Naveg	Estadístico				
		Media	Mediana	DT	Mínimo	Máximo
TC postop	No	4,43	2,00	5,503	-1	16
	Si	2,67	3,00	2,425	-1	6

(DT:Desviación típica)

**Tabla 3.** Evolución del ángulo de rotación en ATR con y sin navegación.

	Naveg	Estadístico					
		Media	Mediana	DT	Mínimo	Máximo	Rango
Evol	No	-3,00	-3,00	3,78	-8,00	4,00	12,00
	Si	-4,17	-4,00	2,40	-8,00	,00	7,00

(DT:Desviación típica) (P=0,521 (U de Mann Whitney)

## Agradecimientos

A la FUNDACIÓN MAPFRE por la concesión de una Ayuda a la Investigación. Al Dr JM Fernandez Carreira por la valoración estadística de los datos