



Rotación del componente femoral en las artroplastias de rodilla. Utilidad de la cirugía asistida con ordenador

Rotation of the femoral component in the knee arthroplasties. Usefulness of computer assisted surgery

Hernández-Vaquero D¹, Suarez-Vázquez A¹, Fernández Simón J², Noriega Fernández A¹

¹ Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. ² Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital San Agustín, Avilés, Facultad de Medicina, Oviedo.

Esta investigación ha sido financiada por FUNDACIÓN MAPFRE

Resumen

Objetivo: Conocer si las referencias anatómicas adquiridas con los sistemas de navegación quirúrgica en las artroplastias de rodilla facilitan una mejor colocación del componente femoral en la rotación adecuada y comprobar si la toma de referencias por parte de los cirujanos es coincidente con el verdadero eje transversal de la metafisis distal femoral hallado mediante tomografía computada.

Material y método: Estudio observacional descriptivo de corte transversal. Se han estudiado 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 tomografía computada 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 epicóndileo.

Abstract

Objective: To know if the anatomic references acquired with the technique of surgical navigation in knee arthroplasty get a better placement of the femoral component in the adequate rotation and checking if the location of references by the surgeons is coincident with the distal femoral metaphysis transversal axis in computer tomography.

Material and method: Observational study cross-section descriptive. We studied 19 knee arthroplasties. In 7 cases was used the mechanical standard instrumentation and in 12 a wireless system of surgical navigation. A tomography computed was accomplished during the preop and postoperative time to find the rotational position of the implant in relation to the transepicondylar axis.

Results: No statistically differences were found in the final rotation depending on the navigation use. When differences in the change of angulations were analyzed between pre and postoperative tomography neither differences were found.

Conclusions: In navigation the location of femoral epicondyles is necessary and probably easy to reproduce and makes easier the implantation of the prosthesis in a good position. However the navigation does not improve the placement of the femoral component in the transversal axis when is compared with the conventional technique.

Key words:

Total knee arthroplasty, computer-assisted navigation, transepicondylar axis.

Correspondencia

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



Introducción

Puede considerarse, en términos generales, que 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. Unos 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 se conoce que 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 fémoro-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].

Se sabe, por otro lado, que el factor más directamente relacionado con el deslizamiento precoz de los componentes y la degradación de los resultados es el anómalo balance ligamentoso y la incorrecta posición u orientación de los componentes [6][7] por lo que un error en la orientación de los cortes supone un factor preocupante para la supervivencia del implante.

Si por una parte, se considera que 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 permanentemente alternativas para subsanar estos inconvenientes. La informática ha iniciado su contribución 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. Existe ya una importante literatura sobre la utilidad de la navegación, también llamada cirugía asistida con ordenador 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, es más complejo aún en

el plano transversal y se admite en la literatura que 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 errores que originan alteraciones en el deslizamiento femoro-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 se sabe que en realidad habría que tomar el eje transepicondileo como la verdadera guía para colocar adecuadamente la artroplastia en este plano y que es el utilizado con la 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 a nivel de los epicóndilos es subjetiva y posiblemente poco reproducible, pues considera los epicóndilos como un solo punto, el más prominente; ello puede originar errores en cuanto al hallazgo del eje transepicondileo y secundariamente orientar equivocadamente al programa informático con 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).

Material y métodos

Estudio epidemiológico observacional descriptivo de corte transversal, analizando 21 ATR implantadas, desde junio de 2008 a mayo de 2009. Los criterios de inclusión fueron la etiología artrósica, 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 referenciar el centro de rotación de la cadera. Los pacientes firmaron un consentimiento informado antes de entrar en el estudio.

Se 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 epicondilo clínico, que se define como la prominencia mayor del epicondilo medial al contrario del denominado epicondilo 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.

Se descartaron dos casos del estudio (4 TC). El primero por tener implantada una artroplastia de cadera homolateral ya que podía modificar la movilidad de la articulación y la navegación mostraría datos erróneos cuando se registra el centro de rotación de la cadera. El segundo caso salió del estudio al ser imposible hallar la referencia anatómica del epicondilo interno en la TC preoperatoria y, por tanto, no hallar la línea transepicondilea y la rotación inicial y final. No se perdió ningún caso de los 19 restantes, acudiendo todos los pacientes a las visitas programadas tanto al Servicio de Radiodiagnóstico como al de Cirugía Ortopédica. Por tanto se evaluaron 38 TC de la metáfisis distal del fémur. En 7 casos se realizó la ATR con instrumentación estándar y en 12 con navegación. Quince eran del sexo femenino.

El implante utilizado fue el modelo Triathlon® (Stryker) con cementación femoral, tibial y patelar. En el momento de la cirugía se decidió, previa aleatorización, el tipo de técnica, con o sin ayuda de navegación quirúrgica. El sistema de navegación utilizado era inalámbrico, que no precisaba imá-

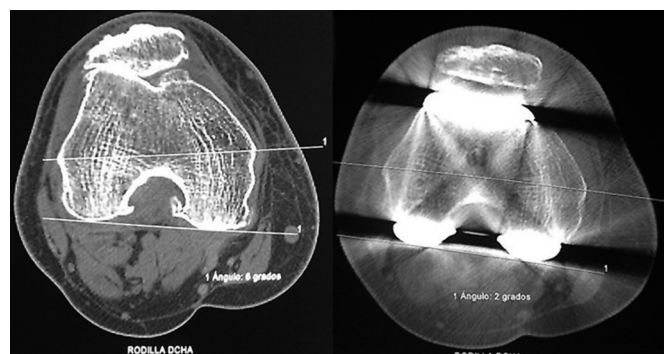


Fig. 2. TC pre y postoperatoria en un caso con navegación. Modificación de la rotación femoral desde 6° (preoperatorio) a 2° (postoperatorio).

genes previas (versión 3.1). Para la colocación del implante femoral, en los casos de navegación, para 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 repitiendo 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 quirúrgica y la angulación rotacional del componente femoral medido con TC postoperatoria. Para la recogida de datos se diseñó un protocolo informatizado específico para este proyecto. Los datos de la angulación del componente protésico implantado se realizó por uno de los autores que desconocía si el implante se había realizado con o sin navegación. 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.

Resultados

Los resultados obtenidos de la medición con TC pre y postoperatoria (Tabla 1) (Tabla 2) (Figura 3) no mostraron diferencias estadísticamente significativas en la rotación final atendiendo a la utilización de la navegación. En el grupo de instrumentación estándar encontramos un valor anómalo extremo (Figura 3), por lo que se consideró la mediana como medida de tendencia central. Asimismo se utilizó una prueba no paramétrica para evaluar la significación estadística de la diferencia.

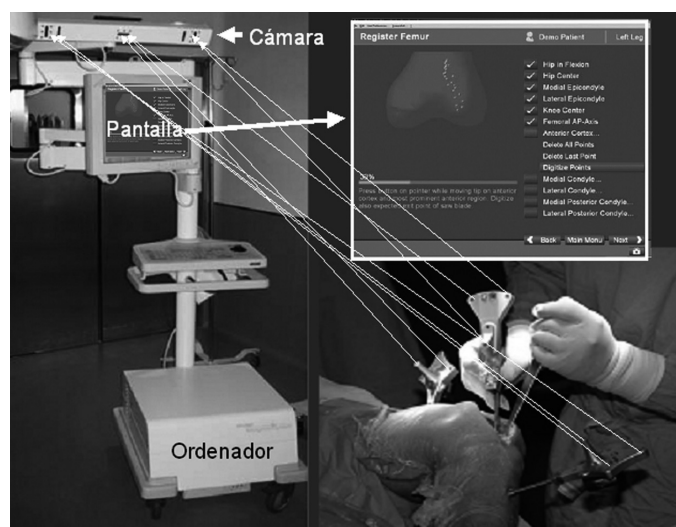


Fig. 1. Recogida de datos para navegación. Toma de referencias de la extremidad distal del fémur.



Tabla 1. Resultados de la serie

Nº	LADO	SEXO	TC pre-op (°)	TC post-op (°)	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

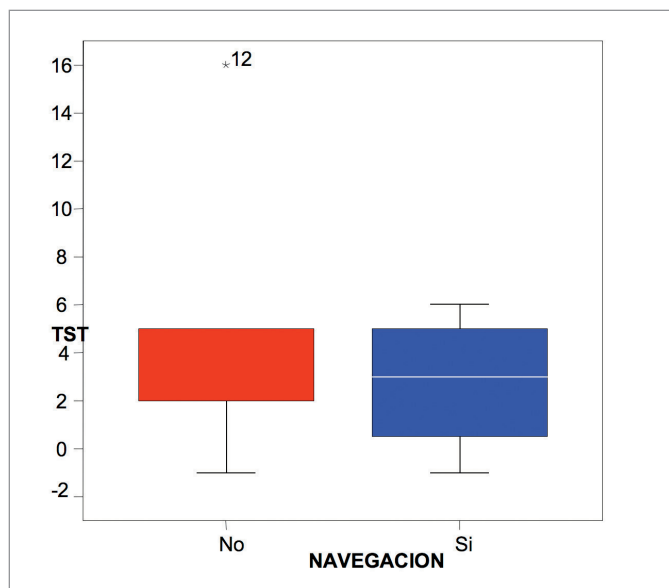


Fig. 3. Media y desviación estándar de la TC postoperatoria (p=0,607, prueba U de Mann Whitney).

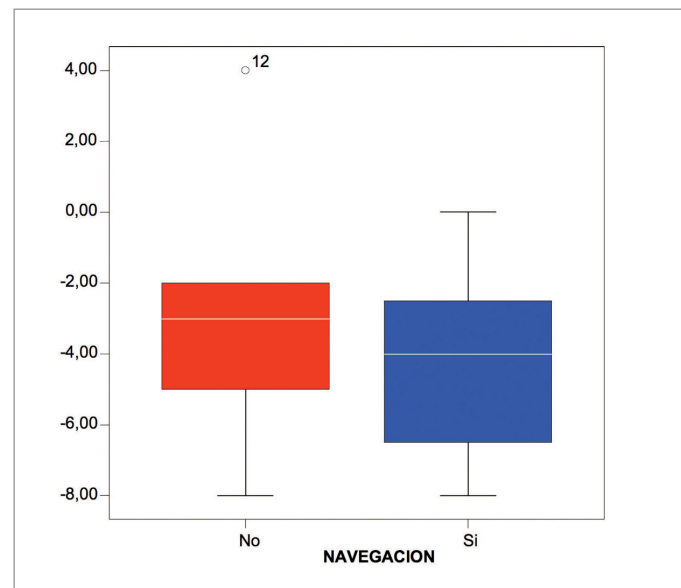


Fig. 4. Representación del cambio en la rotación del componente femoral.

En la Tabla 3 se analizó el cambio producido en la rotación del componente femoral dependiendo de la utilización del navegador, los valores negativos indicaban que los grados finales son menos que los iniciales; a mayor valor absoluto, mayor cambio (Figura 4). Calculamos una variable

nueva para medir el cambio en la rotación («evol») que definimos como la diferencia entre los hallazgos de la TC postoperatoria y la TC preoperatoria, sin encontrar diferencias estadísticamente significativas.



Tabla 2. Mediciones de la TC postoperatoria.

	Naveg	Media	Mediana	Estadístico		
				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	Media	Mediana	Estadístico			
				DE	Mínimo	Máximo	Rango
Evol	No	- 3,00	- 3,0	3,78	-8,00	4,00	12,00
	Si	- 4,17	- 4,0	2,40	-8,00	,00	7,00

DE: Desviación típica; $p=0,521$ (U de Mann Whitney).

Discusión

La cirugía ortopédica convencional presenta conocidas limitaciones en lo que se refiere a la reproducción de resultados con técnicas dependientes de la interpretación de complejas relaciones geométricas. Es en este campo, donde los modelos matemáticos pueden definir con 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 de esta forma la toma de decisiones del cirujano.

La aplicación de la navegación en el implante 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 para 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.

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 severas a medio y largo plazo y la navegación ha sido recomendada en la literatura con el propósito de evitarlos al poder hallar el eje transepicóndileo que, como antes escribíamos, es difícil y no reproducible con la técnica instrumentada [16].

Aunque muchos 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 aumento 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. El primero se refiere a su coste económico aunque los 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 ultimo, está 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. Existen trabajos que han llamado la atención sobre la posibilidad de errores en el momento de definir el eje transepicóndileo [23]. Hemos podido demostrar que la localización y consiguiente toma de referencia de los epicóndilos 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 ha sido 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 mejora 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 transepicóndilea 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 transepicóndileo. Ninguna otra técnica permite evaluar esta angulación preoperatoria que debe luego ser comparada con la obtenida postoperatoriamente. Aunque puede presentar algún inconveniente derivado de la imposibilidad en algunos casos de definir exactamente los epicóndilos [24], como en uno de nuestros casos, toda la literatura sobre la evaluación de la posición de los componentes protésicos en su eje rotacional se realizan con esta técnica, introduciendo como hemos hecho nosotros determinados filtros para que la visión de las estructuras anatómicas sea mejor tras el implante de la artroplastia.

Las limitaciones de nuestro estudio son de dos tipos. Por una parte el número de casos es reducido y ello puede ser la causa responsable de las escasas diferencias encontradas entre los dos grupos de ATR. La gran variabilidad de las angulaciones obtenidas puede impedir una valoración estadística adecuada. En los dos grupos los datos tienen un alto nivel de discordancia, seguramente por la escasez del número de casos. Es posible que aumentando la serie los datos sean más demostrativos y es nuestra intención continuar ampliando la serie en los próximos años. En segundo lugar este estudio 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 en fin 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 más exacta reproducción de la situación previa de la rodilla y la utilización de imágenes preoperatorias modificarán en los próximos años este interesante campo de la navegación quirúrgica. ■

Agradecimientos

A FUNDACIÓN MAPFRE por la concesión de una Ayuda a la Investigación. Al doctor J. M. Fernández Carreira por la valoración estadística de los datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 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.
2. 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.
3. Mahalusiwala 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.
4. Delp LS, Stulberg DS, Davies D, Picard F, Leitner F. Computer assisted knee replacement. *Clin Orthop Relat Res* 1988; 354:49-56.
5. Nuño-Siebrecht N, Tanzer T, Bobyn JD. Potential errors in axial alignment using intramedullary instrumentation for total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 2000; 15:228-30.
6. 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.
7. Rousseau MA, Lazennec JY, Catonné Y. Early mechanical failure in total knee arthroplasty. *Int Orthop* 2008; 32:53-6.
8. 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.
9. 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.
10. Macule-Beneyto F, Hernández-Vaquero D, Segur-Vilalta JM, Colomina-Rodríguez R, Hinarejos-Gomez P, Garcia-Forcada I, Seral Garcia B. Navigation in total knee arthroplasty. A multicenter study. *Int Orthop* 2006; 30:536-40.
11. 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.
12. Hernández-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.



13. Cameron HU. A comedy of errors. The bad knee. *J Arthroplasty* 2005; 20:18-22.
14. 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.
15. Yoshioka Y, Siu D, Cooke TF. The anatomy and functional axes of the femur. *J Bone Joint Surg (Am)* 1987; 69-A:873-80.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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(suppl 10):148-51.
20. 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.
21. Hernandez-Vaquero D, Suarez-Vazquez A. Complications of fixed infrared emitters in computer-assisted total knee arthroplasties. *BMC Musculoskelet Disord* 2007; 8:71-4
22. 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. *J Arthroplasty* 2007; 22:1150-61.
23. 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.
24. 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.

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.