

# Cirugía acetabular de cadera asistida por navegador

A. León García, F. Marqués López, C. Mestre Cortadellas, G. González Lucena, C. Cárdenas Nylander y E. Cáceres  
 Unidad de Cadera. Hospital del Mar y de la Esperanza. Universidad Autónoma de Barcelona.

**Introducción.** Una de las fases más importantes en cirugía protésica de cadera es la planificación y colocación adecuada del implante acetabular para evitar complicaciones precoces y conseguir una buena supervivencia a largo plazo. Varios factores pueden influir en la variabilidad de la orientación del componente protésico, como la colocación del paciente en la mesa de operaciones, el enmascaramiento por contracturas musculares o la inexactitud inherente al uso de las guías intraoperatorias. Varios trabajos han mostrado que la orientación obtenida con el uso de las guías intraoperatorias convencionales es, con mucha frecuencia, significativamente diferente de la deseada y poco reproducible en cuanto a exactitud, influyendo todo ello en la estabilidad protésica, estando demostrada la asociación entre la orientación de los componentes (acetabular y femoral) y el índice de luxación. A finales de la pasada década se inició el uso en cirugía ortopédica de sistemas de cirugía asistida con ordenador, también llamados navegación quirúrgica. En cirugía ortopédica se ha introducido su uso para la localización de estructuras (pedículos vertebrales) y adecuación de ejes (acetábulo y rodilla).

**Material y método.** En nuestra experiencia inicial con el uso del navegador SurgiGate de Medivision, durante el período 2002-2004, utilizamos esta técnica en 21 casos en un estudio comparativo con 21 pacientes intervenidos con cirugía convencional. En el seguimiento postoperatorio se valoró la inclinación acetabular con radiografía convencional de pelvis y también con tomografía axial computarizada (TAC) de pelvis completa colocando al paciente siempre en la misma posición.

**Resultados.** En el análisis comparativo de las medidas postoperatorias mediante radiografías y TAC de ambos grupos, se obtuvo que los valores medios obtenidos por el método tradicional no difieren significativamente de los obtenidos con el navegador. Sin embargo, la variabilidad fue significativamente mayor en el grupo control que en el grupo del navegador, lo cual nos indica una mayor dispersión de las muestras.

**Conclusiones.** El uso de sistemas de navegación tiene un enorme potencial para optimizar la colocación de los implantes y minimizar las consecuencias de ello derivadas. Asimismo, el sistema de navegación intraoperatorio es fácil y reproducible por cualquier cirujano con un mínimo de entrenamiento previo. El instrumental guiado por navegación permite el fresado y colocación exacta de la prótesis, sin necesidad de ampliar el abordaje quirúrgico.

**Palabras clave:** cadera, artroplastia total de cadera, acetábulo, navegación, cirugía asistida con ordenador.

## Navigator Assisted Acetabular Surgery

**Introduction.** One of the most important phases in hip replacement surgery is pre-operative planning and the placement of an adequate acetabular implant to prevent early complications and achieve good long term survival.

Several factors may influence the variability of the orientation of the prosthetic component, such as the position of the patient on the operating table, masking due to muscular contractions, or the inherent lack of accuracy of intraoperative guides. Several studies have shown that the orientation obtained with the use of conventional intraoperative devices is, frequently, significantly different to that expected, and the precision is not reproducible; all of which affects prosthesis stability since it has been demonstrated that there is an association between component orientation (acetabular and femoral) and the dislocation rate. At the end of the last decade computer assisted surgery, also called navigator assisted surgery, began to be used in orthopedic surgery. Navigator assisted surgery is used in orthopedic surgery to locate structures (vertebral pedicles) and align axes (acetabulum and knee).

**Materials and methods.** During our initial experience with the Medivision SurgiGate Navigator during the period 2002-2004, we used this technique in 21 trial cases in a comparative study with 21 control patients that underwent conventional surgery. During the postoperative follow-up we determined acetabular inclination by conventional X-rays and also by computed axial tomography (CAT) scans of the pelvis, with the patients in the same position.

### Correspondencia:

A. León García  
 Hospital de La Esperanza.  
 Sant Josep de la Muntanya 12.  
 08024. Barcelona.  
 Correo electrónico: aleon@imas.imim.es

**Results.** During the postoperative comparative analysis of both X-rays and CT scans in both groups we saw that the mean values of the patients that underwent conventional surgery were not significantly different from those that underwent navigator assisted surgery.

However, variability was significantly greater in the control group, with a greater dispersion of the sample, than in the group that underwent navigator assisted surgery.

**Conclusions.** The use of navigator systems has an enormous potential to optimize the placing of implants and minimize their negative consequences. Moreover, intraoperative navigation is easy and reproducible for any surgeon with minimal previous training. Navigator assisted instruments allow burring and exact placing of prostheses, without having to extend surgical approaches.

**Key words:** hip, total replacement (THR), acetabulum, navigation, computer assisted surgery.



Figura 1. Posición del paciente en la mesa quirúrgica.

Una de las fases más importantes en cirugía protésica de cadera es la planificación y colocación adecuada del implante acetabular, para evitar complicaciones precoces y conseguir una buena supervivencia a largo plazo. Varios factores pueden influir en la variabilidad de la orientación del componente protésico, como la colocación del paciente en la mesa de operaciones, el enmascaramiento por contracturas musculares o la inexactitud inherente al uso de las guías intraoperatorias (figs. 1 y 2).

A pesar de ello está aceptado que la posición inicial de la cúpula acetabular es crucial para la estabilidad de la articulación, rango de movilidad e *impingement*<sup>1,2</sup> que puede llegar a producir un desgaste acelerado del polietileno. Seki<sup>3</sup> describió que el mejor rango de movilidad y el menor riesgo de luxación se obtiene con 40° de inclinación y 20 de anteversión, y Bader<sup>4</sup> relató que el rango de movilidad óptimo se obtenía con una inclinación de 45°. Además, la alineación de los componentes influirá en la transmisión de las cargas y en el resultado a largo plazo del implante<sup>5-8</sup>.

Varios trabajos<sup>3,9,10</sup> han mostrado que la orientación obtenida con el uso de las guías intraoperatorias convencionales es, con mucha frecuencia, significativamente diferente de la deseada y poco reproducible en cuanto a exactitud, influyendo todo ello en la estabilidad protésica, estando demostrada la asociación entre la orientación de los componentes (acetabular y femoral) y el índice de luxación<sup>11,12</sup>.

A finales de la pasada década se inició el uso en cirugía ortopédica de sistemas de cirugía asistida con ordenador, también llamados navegación quirúrgica, de la cual ya se tenía experiencia en neurocirugía. En cirugía ortopédica se ha introducido su uso para la localización de estructuras (pedículos vertebrales) y adecuación de ejes (acetábulo y rodilla).

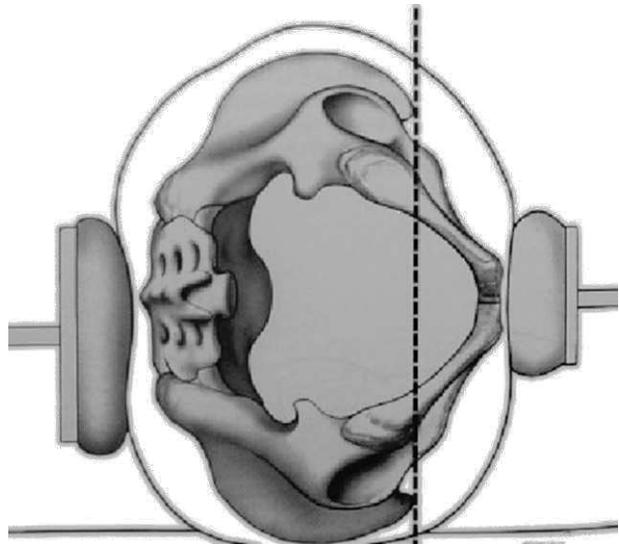


Figura 2. Esta imagen muestra la dificultad de conseguir la perpendicularidad total de la pelvis respecto del suelo.

Podríamos dividir los sistemas de navegación en tres grandes grupos<sup>13</sup>. El primero de ellos, el que se basa en el uso de imágenes preoperatorias, normalmente con tomografía axial computarizada (TAC) o resonancia magnética nuclear (RMN). Ello exige un soporte informático (CD, DVD, etc.) para cargar las imágenes en el sistema. Conlleva un problema de preparación previa, coste e irradiación del paciente. El segundo grupo pertenece a la categoría de la obtención de imágenes intraoperatorias con el intensificador de imágenes, sobre todo utilizado en fracturas, y exige una comunicación con el sistema para transferir las imágenes. El tercer grupo es el llamado libre de imágenes (*imageless*).

Un modelo anatómico es introducido en el software y sólo harán falta unos puntos de referencia en el proceso de registro<sup>13-15</sup>. Todos los sistemas exigen registrar una secuencia determinada de puntos de referencia anatómicos por parte del cirujano durante la intervención.

La navegación basada en TAC previa ha significado una mejora en la posición del componente acetabular, pero no se ha incorporado de forma rutinaria debido al aumento del tiempo quirúrgico, precio y exposición a la radiación por parte del paciente. La navegación sin imágenes de TAC puede ser una alternativa viable, como ya se ha demostrado en prótesis de rodilla<sup>16</sup>, necesitando sólo el registro intraoperatorio de unas referencias óseas (espinas ilíacas antero-superior y tubérculo púbico) que no estén afectadas por deformidad previa. Basándonos en nuestra experiencia anterior con un sistema de navegación acetabular basado en TAC<sup>17</sup>, recientemente hemos empezado a trabajar con un sistema de última generación «sin imágenes» para cirugía acetabular, y cuando se desarrolle el software necesario, también para el implante del vástago.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de navegación basado en imágenes de TAC utilizado por nosotros era el llamado SurgiGATE (Medivision, Oberdorf, CH), basado en una cámara optoelectrónica que puede localizar un punto de emisión de luz-diodo con un margen de error de 1 mm. Estos diodos están montados en cada uno de los elementos que forman parte de los componentes de la instrumentación quirúrgica y emiten una luz infrarroja que al ser identificada por la cámara permite su ubicación en el espacio. La planificación se realiza previamente con una TAC, que es informáticamente transferida al navegador. A continuación se elige el tamaño del implante que mejor se adapte al tamaño real óseo, y por último se coloca el implante virtual en la posición deseada en los tres planos del espacio (anteversión, inclinación y profundidad) con una precisión de 1°. En todos los casos se realizó una planificación de 40-45° de inclinación y una anteversión comprendida entre 15 y 20°, según se adaptara mejor a la morfología ósea del paciente.

El sistema intraoperatorio está diseñado de manera que permite la realización de la cirugía de forma habitual, con el mismo instrumental quirúrgico. Es necesario localizar un punto sobre la espina ilíaca anterosuperior y entre 6 y 8 puntos peri e intraacetabulares (fig. 3). Por último, el programa solicita la ubicación de entre 8 y 10 puntos aleatorios extra e intraacetabulares para conseguir la ubicación y orientación espacial de la pelvis según la posición del paciente en la mesa de operaciones.

Un sistema de cámaras ópticas (Optotrak; Northern Digital, Waterloo, Ontario, Canadá) nos permite la visualización en tiempo real, en la pantalla del navegador (fig. 4), so-

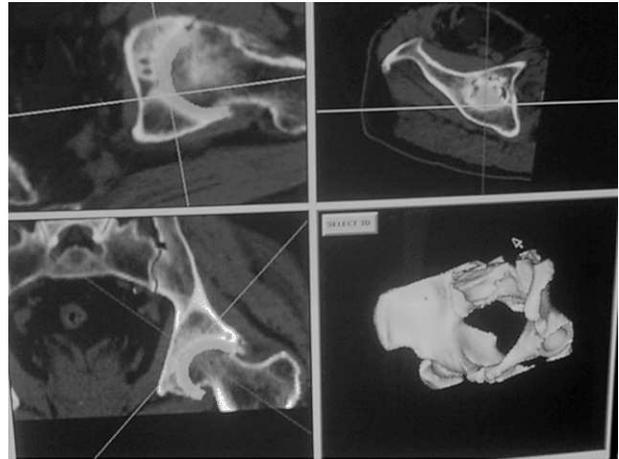


Figura 3. Imágenes que muestran los puntos de referencia utilizados.

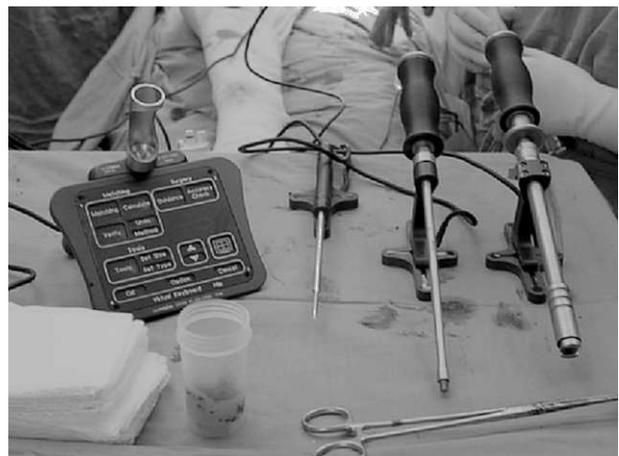


Figura 4. Sistema de cámaras ópticas.

bre las imágenes de TAC de la situación exacta del instrumental. Todas las operaciones sobre el ordenador las realiza el cirujano directamente con el uso de un pedal y de un teclado virtual estéril (fig. 5), que se utiliza con la ayuda de un puntero. Al realizar el fresado, el sistema indica con precisión de 1° la orientación (inclinación y anteversión) y la profundidad en milímetros (fig. 6). La colocación del implante definitivo se realiza visualizando directamente la inclinación y anteversión del mismo. En todos los casos se realizó un registro de mediciones intraoperatorias de inclinación y anteversión acetabular, así como del tiempo quirúrgico utilizado.

El sistema de navegación «sin imágenes» utilizado es el *Stryker Navigation System* (Stryker-Leibinger, Freiburg, Alemania). Dicho sistema se basa en una cámara optoelectrónica que puede localizar un punto de emisión de luz-diodo con un margen de error de 1 mm. Estos diodos están montados en unos tornillos de anclaje fijados en espina ilíaca antero-superior y tubérculo púbico y emiten una luz in-

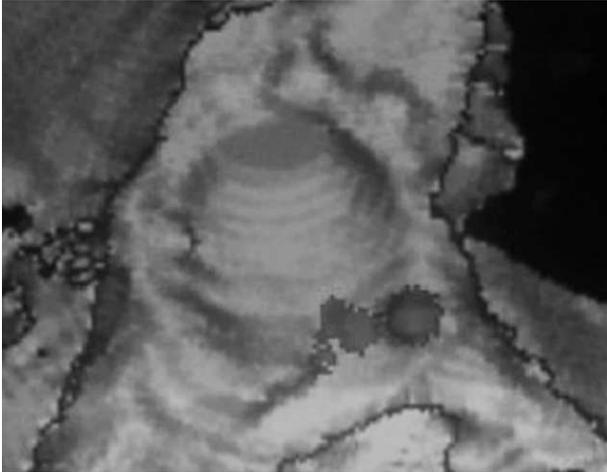


Figura 5. Teclado virtual.

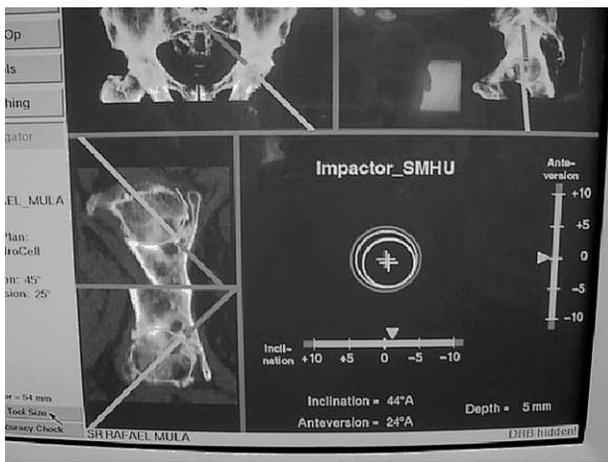


Figura 6. Imágenes intraoperatorias del sistema que indican la orientación y la profundidad.

frarroja que al ser identificados por la cámara permiten su ubicación en el espacio. El software instalado en la estación de trabajo nos ofrece una serie de menús para la cirugía asistida por navegador:

- 1) Datos de identificación del paciente.
- 2) Registro y calibración del instrumental.
- 3) Captación de las referencias anatómicas.
- 4) Valoración de la cinemática inicial de la cadera.
- 5) Navegación: asistencia para la realización del fresaado acetabular y de la colocación de los implantes definitivos en la posición correcta (fig. 7).

## EXPERIENCIA

La indicación del uso de cirugía asistida por ordenador exige unos requisitos previos que son:

- 1) Coxartrosis concéntrica.
- 2) Cirugía primaria.
- 3) Ausencia de complicaciones técnicas intraoperatorias.

En nuestra experiencia inicial con el uso del navegador SurgiGate de Medivision, durante el período 2002-2004, utilizamos esta técnica en 21 casos en un estudio comparativo con 21 pacientes intervenidos con cirugía convencional<sup>17</sup> con unos resultados esperanzadores, mejorando el índice de dispersión de la muestra del grupo en que se usó el navegador, sin aumento de las complicaciones.

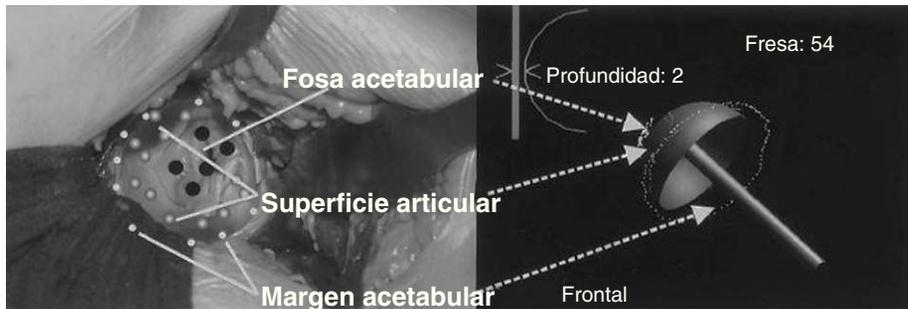
En el seguimiento postoperatorio se valoró la inclinación acetabular con radiografía convencional anteroposterior (AP) de pelvis, y para minimizar los errores de la radiología en cuanto a distancia de foco, se obtenía una imagen AP por TAC de pelvis completa, colocándose el paciente siempre en la misma posición.

Se realizó un estudio estadístico de las medidas de inclinación acetabular obtenidas en ambos grupos, tanto de radiografía convencional como de TAC, así como de la inclinación intraoperatoria obtenida por el sistema del grupo en el que se utilizó el navegador. Los datos fueron almacenados en una base de datos (Access) y tratados estadísticamente mediante el programa SPSS. Los valores se resumen con la media (desviación estándar). Para las comparaciones intraindividuos se utilizó la prueba «t» de Student para datos apareados, el índice de correlación de Pearson y la concordancia se valoró con el índice de correlación intraclass. Para las comparaciones entre métodos se utilizó la prueba «t» de Student para datos independientes y la homogeneidad de varianzas se analizó con la prueba de Levene.

## RESULTADOS

El tiempo medio de intervención en el grupo con navegador fue de 103 minutos (rango 84-122) y en el grupo control fue de 68 (rango 51-87) y no apareció ninguna luxación protésica ni otra complicación en ambos grupos. La duración media en el grupo con navegación fue disminuyendo progresivamente con la mayor experiencia de la técnica en los últimos casos.

Los valores intraoperatorios en el grupo intervenido con navegador fueron de una inclinación media de 44,14° con una desviación estándar de 1,35. Los valores postoperatorios obtenidos en el mismo grupo, según la radiología convencional (AP de pelvis) fueron de una inclinación media de 44,57° (desviación estándar de 1,88) y según la TAC de 44,81° (desviación estándar de 2,06) (tabla 1). Las medias obtenidas por las tres medidas fueron muy similares, no encontrándose tampoco diferencias significativas en la concordancia entre las mediciones obtenidas con el navegador y las obtenidas con la TAC y radiografía (coeficiente de correlación intraclass no significativo) (tabla 2).



**Figura 7.** Correspondencia anatómico-virtual en navegador sin imágenes.

**Tabla 1.** Análisis de muestra en el grupo navegador

	Media	Desviación
Navegador	44,14	1,35
Rx	44,57	1,88
TAC	44,81	2,06

Rx: radiografía; TAC: tomografía axial computarizada.

**Tabla 2.** Coeficiente de correlación intraclase (CCI) para valorar la concordancia entre medidas en el grupo navegador

	CCI	P
Navegador/Rx	0,26	0,11
Navegador/TAC	0,30	0,08
TAC/Rx	0,41	0,12

Rx: radiografía; TAC: tomografía axial computarizada.

**Tabla 3.** Análisis de muestras entre ambos grupos

Grupo	N	Media	Desviación
TAC Navegador	21	44,81	2,06
TAC Control	21	45,19	4,69
RX Navegador	21	44,57	1,88
RX Control	21	45,33	5,23

Rx: radiografía; TAC: tomografía axial computarizada.

**Tabla 4.** Prueba de Levene para la igualdad de varianzas

Grupo	Homogeneidad de varianzas	P
TAC Navegador	8,64	0,005
TAC Control	0,34	0,73
RX Navegador	8,78	0,005
RX Control	0,62	0,53

Rx: radiografía; TAC: tomografía axial computarizada.

En el análisis comparativo de las medidas postoperatorias mediante radiografía y TAC de ambos grupos, se obtuvo que los valores medios obtenidos por el método tradicional no difieren significativamente de los obtenidos con el navegador (tabla 3). Sin embargo, la variabilidad fue significativamente mayor en el grupo control que en el grupo del navegador (tabla 4), lo cual nos indica una mayor dispersión de las muestras, como se puede observar en la gráfica comparativa en las que se exponen ambos grupos (fig. 8).

Actualmente, y debido los problemas inicialmente mencionados, como son la irradiación del paciente por la necesidad de realizar una TAC previa, con el aumento del coste correspondiente, la necesidad de una planificación informática no exenta de dificultades y el aumento significativo del tiempo quirúrgico, hemos empezado a utilizar el navegador «sin imágenes» de Stryker en el año 2006, del cual pronto podremos disponer de los primeros resultados. En este sistema no es necesario la realización de ninguna exploración complementaria previa y la impresión inicial es la de un menor aumento del tiempo quirúrgico con respecto al sistema de navegación con imágenes, una vez pasado el período de aprendizaje.

## DISCUSIÓN

Los métodos tradicionales de guías intraoperatorias son útiles, aunque el grado de exactitud obtenido con ellas depende de varios factores, como son la colocación del enfermo en la mesa de operaciones, contracturas musculares, etc., y por tanto la orientación de los componentes dependerá también de la experiencia del cirujano. Por todo ello se considera un método poco fiable, poco reproducible y sobre todo con un grado de exactitud que dependerá del factor humano, existiendo diversos estudios<sup>3,10</sup> que muestran una alta dispersión de las muestras intervenidas incluso por un mismo cirujano. Asimismo, este sistema de planificación preoperatoria no sólo nos permite la colocación en los ángulos deseados de inclinación y anteversión del implante con exactitud, sino que nos dará el tamaño más adecuado del mismo evitando los errores de magnificación radiológica que conlleva el uso de plantillas transparentes.

El uso de sistemas de navegación tiene un enorme potencial, para optimizar la colocación de los implantes y minimizar las consecuencias de ello derivadas. Asimismo, el sistema de navegación intraoperatorio es fácil y reproducido.

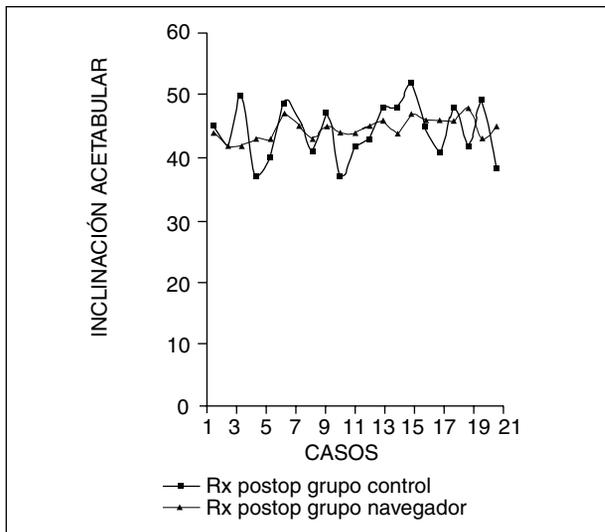


Figura 8. Inclinación acetabular. Rx: radiografía.

ble por cualquier cirujano con un mínimo de entrenamiento previo. El instrumental guiado por navegación permite el fresado y colocación exacta de la prótesis, sin necesidad de ampliar el abordaje quirúrgico.

Por último señalar que el desarrollo de los sistemas de navegación necesita profundizar en otros aspectos, como la biomecánica de la cadera y la colocación de vástagos asistidos por navegación. Varios autores<sup>18-20</sup> han demostrado la relación entre el riesgo de luxaciones, movilidad articular e *impingement* y la anteversión femoral. Por todo ello creemos que en el futuro será posible de forma habitual la colocación de acetábulo y vástago, para también obtener un índice alto de precisión en la anteversión femoral y el centro de rotación articular, y con ello conseguir optimizar la biomecánica de la cadera. La posible y muy atractiva futura unión entre la cirugía de cadera mínimamente invasiva, con los métodos de navegación intraoperatoria, abre una serie de perspectivas que pueden marcar el futuro, si no inmediato, sí a medio plazo en el reemplazo protésico de cadera<sup>20</sup>.

## BIBLIOGRAFÍA

- Chandler DR, Glousman R, Hull D, McGuire PJ, Kim IS, Clarke IC, et al. Prosthetic hip range of motion and impingement. The effects of head and neck geometry. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;166:284-91.
- Daly PJ, Morrey BF. Operative correction of an unstable total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74(A):1334-43.
- Seki M, Yuasa N, Ohkuni K. Analysis of optimal range of socket orientation in total hip arthroplasty with use of computer-aided design simulation. *J Orthop Res.* 1998;16:513-7.
- Bader R, Willmann G. Ceramic acetabular cups for hip endoprosthesis. How do position of the center of rotation and CCD angle of the shaft modify range of motion and impingement? *Biomed Tech.* 1999;44:345-51.
- Hedlundh U, Sanzen L, Fredin H. The prognosis and treatment of dislocated total hip arthroplasties with a 22 mm head. *J Bone Joint Surg Br.* 1997;79(B):374-8.
- Khan MAA, Brakenbury PH, Reynolds ISR. Dislocations following total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 1981;63(B):214-8.
- Ohlin A, Balkfors B. Stability of cemented sockets after 3-14 years. *J Arthroplasty.* 1992;7:87-92.
- Ritter MA. A treatment plan for the dislocated total hip arthroplasty. *Clin Orthop.* 1980;153:153-5.
- DiGioia AM, Jaramaz B, Blackwell M. Image guided navigation system to measure intraoperatively acetabular implant alignment. *Clin Orthop.* 1998;355:8-22.
- DiGioia AM, Jaramaz B, Nikou M, Labarca RS, Moody JE, Colgan BD. Surgical navigation for total hip replacement with the use of hip Nav. *Operative Tech Orthop.* 2000;10:3-8.
- Fontes D, Benoit J, Lortat-Jacob A, Didry R. Luxation of total hip endoprosthesis. Statistical validation of a modelization, apropos of 52 cases. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1991;77:163-70.
- Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr T, Compere CL, Zimmermann JR. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60(A):217-20.
- Sikorski JM, Chauhan S. Computer-assisted orthopaedic surgery: Do we need Caos?. *J Bone Joint Surg Br.* 2003;85(B):319-23.
- Nogler M, Kessler O, Prassl A, Donnelly B, Streicher R, Sledge JB, et al. Reduced Variability of acetabular cup positioning with use of an imageless navigation system. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;426:159-63.
- Kalteis T, Handel M, Balthis H, Perlick L, Tingart M, Grifka J. Imageless navigation for insertion of the acetabular component in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(B):163-7.
- Hernández-Vaquero D, Suárez A, Pérez-Hernández D, García-Sandoval MA, Barrera JL. Cirugía asistida por navegador en las artroplastias de rodilla. Estudio prospectivo. *Rev Ortop Traumatol.* 2003;47:328-35.
- León A, Marqués F, Mestre C, Ballester J, Cáceres E. Cirugía protésica total de cadera asistida por navegador. *Rev Ortop Traumatol.* 2005;49:438-42.
- Turner RS. Postoperative total hip prosthetic femoral head dislocations. *Clin Orthop.* 1994;301:196-204.
- Grossman P, Braun M, Becker W. Dislocation following total hip endoprosthesis. Association with surgical approach and other factors. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 1994;132:521-6.
- DiGioia AM, Plakseychuk AY, Levison TJ, Jaramaz B. Mini-incision technique for total hip arthroplasty with navigation. *J Arthroplasty.* 2003;18:123-8.

**Conflicto de intereses.** Los autores no han recibido ayuda económica alguna para la realización de este trabajo. Tampoco han firmado ningún acuerdo por el que vayan a recibir beneficios u honorarios por parte de alguna entidad comercial. Por otra parte, ninguna entidad comercial ha pagado ni pagará a fundaciones, instituciones educativas u otras organizaciones sin ánimo de lucro a las que estén afiliados.