

CAPÍTULO 36 - LA NAVEGACIÓN Y LA INFORMÁTICA EN COT

Autores: Ana Escandon Rodriguez, Jimena Llorens de los Rios

Coordinador: Daniel Hernández Vaquero (*)

Hospital San Agustín. Avilés (Asturias)

1.- INTRODUCCIÓN

Es difícil hoy poder imaginar un mundo sin ordenadores y menos aun en medicina. La **informática** forma ya parte de nuestra cultura y prácticamente todas nuestras actividades están soportadas por esa ciencia. Cualquier aspecto de la informática puede aplicarse a la biomedicina ya que aquella facilita la gestión de datos y la medicina en suma es el resultado de la aplicación de estos datos al diagnóstico, prevención y tratamiento de las enfermedades. Puede por tanto entenderse que este capítulo se centre exclusivamente en las aplicaciones específicas de la informática a la COT ya que otros objetivos son demasiados amplios y hasta redundantes. A los lectores interesados en otros ámbitos de las aplicaciones informáticas a la biomedicina les sugerimos acudir a otros textos y a otros autores dedicados básicamente a este campo. En la Tabla 1 aparecen algunas aplicaciones actuales de la informática como ayuda de la COT. No obstante debemos aceptar por una parte que ese listado es solo una aproximación a los aspectos actuales y por otra que posiblemente no aparezcan campos de dedicación que algunos lectores pueden creer esenciales.

Tabla 1. Algunas aplicaciones de la informática en COT

Gestión del conocimiento
Acceso a fuentes de información Medicina basada en la evidencia Creación del conocimiento
Datos de pacientes
Recogida y análisis de datos epidemiológicos y clínicos
Imágenes médicas
Análisis y proceso Reconstrucción tridimensional
Decisiones clínicas
Solución de problemas Arbol de decisiones Inteligencia artificial Redes neuronales
Planificación preoperatoria
Aprendizaje
“e-learning” Simulación quirúrgica y realidad virtual
Gestión de oferta y demanda sanitaria
Transferencia de información clínica
Telemedicina Telemonitorización
Tecnología
Diseño y fabricación de material implantable Diseño y fabricación de plantillas individualizadas Tecnología para disminuidos físicos y psíquicos
Genómica y biología computacional
Cirugía asistida con ordenador
Navegación quirúrgica Robótica

En este capítulo estudiaremos sobre todo la ayuda que la informática puede prestar a la cirugía ortopédica en cuanto práctica quirúrgica. Nos centraremos en las artroplastias de rodilla que es el campo más activo y en el que ya se tiene una suficiente experiencia.

Los conceptos “cirugía ortopédica asistida por ordenador” o “cirugía integrada con ordenadores” y sus correspondientes acrónimos en lengua inglesa, CAOS (Computer Assisted Orthopaedic Surgery) y CIS (Computer-integrated Surgery) (1), aluden a estas tecnologías como la unión entre hombre y máquina, de forma que el trabajo en diferentes procedimientos ortopédicos sea superior al realizado por el hombre o la máquina de forma aislada. Sólo la acción sinérgica entre el médico y la computadora asegura que las promesas potenciales se desarrollen por completo.

Robots y robótica han tenido un gran desarrollo en la industria a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, pero sólo hace pocos años, en la década de los noventa, han comenzado a utilizarse en Cirugía Ortopédica. Sin embargo, en este momento la robótica como tal sólo aporta una visión parcial de la **cirugía asistida por ordenador (CAO)**, abarcando una parte del espectro de lo que las nuevas tecnologías y la informática pueden aportar a la cirugía. Aunque actualmente limitada casi exclusivamente al terreno experimental, la robótica promete en un futuro no muy lejano un desarrollo interesante desde el punto de vista clínico, al que también haremos referencia.

2.- CIRUGÍA ORTOPÉDICA ASISTIDA POR ORDENADOR

Mientras que las especialidades estrictamente médicas desarrollan una actividad “intelectual”, la cirugía incluye una alta participación de trabajo manual. Ello implica un elevado grado de complejidad, pues la manipulación de los tejidos tiene características individuales, no uniformes y es fácil desviarse de lo primitivamente planificado. Cualquier ayuda que proporcione exactitud y precisión a las acciones quirúrgicas previene este riesgo. La informática es una actividad matemática y por tanto exacta y por ello puede ser útil en cirugía ortopédica al perseguir que lo deseado sea igual que lo realmente acontecido.

De la misma manera que la informática ha invadido todos los campos de las actividades humanas parece razonable que haya llegado a la cirugía. Pilotar un avión no se basa exclusivamente en la visión directa, insuficiente por ejemplo en situaciones de niebla, sino en la visión que le proporcionan instrumentos localizadores que son exactos y evitan impresiones confusas; de manera similar la **navegación** quirúrgica se basa en la información que le proporcionan aparatos de precisión en un espacio tridimensional. El cirujano sigue las indicaciones que aparecen en la pantalla de forma similar al cuadro de instrumentos de un avión. Igual que el piloto sigue la dirección del vuelo con las coordenadas transmitidas desde la torre de control, el cirujano sigue las recomendaciones

que le son transmitidas a través de un programa informático diseñado para ello.

La base del éxito de la CAO depende de su capacidad para solucionar problemas clínicos reales. 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. En especial, se ha llamado la atención sobre la dificultad para ejecutar lo que se ha planificado. 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.

El hueso y la relación que establece con otras estructuras articulares permiten, en virtud de su rigidez, una fácil representación matemática en un sistema de coordenadas. Además no se deforma y mantiene la estructura básica después de su manipulación mediante cortes u orificios. La radiografía, fluoroscopia, tomografía computarizada y resonancia magnética, permiten, con relativa facilidad, su evaluación y reconstrucción tridimensional que, con el proceso adecuado, puede ser utilizada para simular procedimientos quirúrgicos y demostrar sus efectos antes de realizar la cirugía.

El **navegador** representa el elemento central del procedimiento. Define el sistema de coordenadas en que se posicionan y orientan los instrumentos quirúrgicos. Con este fin es necesario algún elemento físico que informe de la posición relativa de estos instrumentos respecto al objeto terapéutico. De manera generalizada los **emisores** usados hoy son optoelectrónicos debido a su alta precisión. Se basan en la emisión de señales que recogidas y analizadas por una cámara definen la posición de instrumentos y objeto. Su desventaja reside en que no permiten la interposición de cuerpos en el trayecto de la luz y que por ahora necesitan anclarse al hueso mediante gestos traumáticos.

DiGioia (1) ha proporcionado una clasificación amplia de los diferentes sistemas de CAO en cirugía ortopédica (Tabla 2).

Tabla 2. Sistemas y técnicas de CAO en Cirugía Ortopédica y Traumatología	
Sistemas	Técnicas
Pasivos	Simuladores quirúrgicos y planificadores preoperatorios
	Navegadores
	Aparatos de precisión
Semiactivos	Plantillas individualizadas
	Sistemas robóticos adaptados a plantillas
Activos	Robots autónomos

A partir del objeto virtual es posible ensayar y optimizar la técnica operatoria de forma individualizada con la ayuda de simuladores quirúrgicos. Esto permite tomar decisiones respecto a la estrategia a seguir en un caso específico. La navegación supone un paso más al integrar determinados instrumentos en el escenario quirúrgico, permitiendo al cirujano interactuar posicionando plantillas de corte, componentes de artroplastias u otros elementos. Sobre el mapa que sirve de base a la navegación pueden

determinarse trayectorias que aseguren la colocación de tornillos en una posición preestablecida, perteneciendo a esta categoría los denominados “aparatos de precisión”. En este grupo podríamos incluir alguno de los sistemas de encerrojado distal de clavos intramedulares o tornillos pediculares. A partir de imágenes tridimensionales obtenidas con tomografía computarizada es posible fabricar moldes de los tejidos a tratar y plantillas individualizadas que aplicadas a las estructuras anatómicas que les sirvieron de base, permiten realizar osteotomías, perforaciones y otras operaciones de acuerdo con un plan predefinido, adaptando su morfología a la de elementos anatómicos conocidos. A las plantillas también es posible adaptar algún elemento que de forma automática realice alguna acción, lo que permitiría hablar de **robot**. En los sistemas activos, la acción quirúrgica es desarrollada por un robot autónomo bajo la supervisión del cirujano. Representarían el círculo de acciones completo.

La solución de problemas clínicos de gran magnitud, en razón de su trascendencia funcional y/o del número de procedimientos, puede mejorar la relación coste-efectividad. Es importante tener en cuenta que estas aplicaciones son importantes en la enseñanza y entrenamiento de algunas técnicas quirúrgicas y que en este sentido han sido poco explotadas. Algo más se ha realizado en lo que concierne a la investigación a pesar de que aun quedan numerosos aspectos por evaluar. El desarrollo de estas técnicas debería permitir una mejora de la práctica quirúrgica individual así como de los resultados de cara a los pacientes. Debería facilitar el impulso de nuevos procedimientos menos invasivos y una nueva generación de técnicas quirúrgicas actualmente imposibles por limitaciones físicas. La difusión de estas técnicas debería también permitir a otros cirujanos un acceso más fácil a las mismas así como evaluar y validar nuevos procedimientos permitiendo utilizar sus aplicaciones de forma rutinaria.

3.- NAVEGACIÓN EN ARTROPLASTIAS DE RODILLA

La **artroplastia total de rodilla (ATR)** es un procedimiento totalmente integrado en la actividad clínica diaria. A ello ha contribuido la utilización de nuevos materiales, unos mejores diseños e instrumentación junto a la posibilidad de reproducir el eje de la extremidad y corregir el balance ligamentoso. Según está hoy reconocido, la ATR consigue aumentar la capacidad funcional y mejorar la calidad de vida relacionada con la salud en el 90% de los pacientes sometidos a la intervención. Además los resultados se mantienen a lo largo del tiempo con tasas de fracaso que no llegan al 10% a los 10 años y al 20% a los 20 años. Según datos del Registro Sueco de artroplastias de rodilla (2) sólo un 8% de los pacientes sometidos a la intervención no se muestran satisfechos con ella, opinión que se mantiene a lo largo de al menos 15 años. Ante esta perspectiva cabría concluir que no es prioritaria la necesidad de mejora en esta técnica. Sin embargo algunos estudios en los que se realiza una valoración cualitativa de los resultados ponen en entredicho una visión tan optimista como la expuesta. Pacientes que previamente se habían mostrado satisfechos con la intervención referían dolor e incapacidad cuando se les hacían preguntas más específicas o se evaluaban determinadas capacidades en mayor profundidad. Estudios recientes (3) han situado en un 20% (uno de cada 5 casos) el porcentaje de pacientes que no se muestran satisfechos con los resultados de este procedimiento y alrededor del 10% el porcentaje de complicaciones graves como aflojamiento,

inestabilidad, fractura o infección. Aun más, la tasa de otras complicaciones que, como el dolor fémoro-patelar o la limitación de la flexión, son consideradas como menos severas pero que ocasionan la suficiente incapacidad como para poner en entredicho el éxito de la intervención, aumenta hasta el 20% e incluso al 40%.

El éxito de las ATR depende de la selección de pacientes, del diseño protésico, del balance de los tejidos blandos y de la alineación. Una incorrecta posición u orientación de los componentes es el factor más sólidamente relacionado con el desgaste acelerado del polietileno, la movilización de los componentes, la existencia de complicaciones del aparato extensor y la degradación funcional de la articulación a medio y corto plazo. La malposición en valgo y sobre todo en varo del platillo tibial se considera la principal causa de aflojamiento de las ATR, pero cualquier error en la **alineación** de los componentes en cualquiera de los planos anatómicos, tiene efecto perjudicial; es necesario tener en cuenta que los sistemas mecánicos de alineación intra o extramedulares tienen por su propio diseño cierto grado de imprecisión. Las causas de estos errores oscilan entre la inexactitud del corte por defecto de las sierras hasta la variación en la posición o en el tamaño del orificio de entrada de las guías endomedulares. Se sabe que la instrumentación y la técnica estándar no consiguen una alineación correcta y uniforme, incluso cuando el procedimiento se realiza por cirujanos expertos y con una dilatada experiencia en cirugía protésica de rodilla. Si existen dificultades para evitar **malposiciones** en varo-valgo, aún son mayores para predecir la correcta rotación de los componentes protésicos, factor esencial en el adecuado deslizamiento de la rótula sobre el fémur y en la obtención de un adecuado balance ligamentoso. Numerosas métodos han sido propuestos para definir la alineación rotacional del componente femoral: la técnica del balance de Insall, el eje condilar posterior, la línea de Whiteside o la rotación del eje tibial y aunque el eje transepicondilar parece contar con las mayores preferencias, incluso para colocar la bandeja tibial, parece tener una baja reproducibilidad intraoperatoria. La técnica quirúrgica de la ATR, como se ha visto, está repleta de potenciales errores e imprecisiones. La rodilla humana, por otro lado, es una articulación con una compleja anatomía y biomecánica. Parece por lo tanto indiscutible que un método que consiga colocar los componentes en la mejor situación posible sea un elemento de primer orden para mejorar los resultados. Como antes escribíamos si la navegación permite acercarse lo esperado con lo acontecido realmente, esta técnica parece cargada de utilidad.

Existen diferentes sistemas comercializados para practicar CAO en ATR. Unos se basan en la adquisición de imágenes a partir de una TC, mientras que otros componen las imágenes intraoperatoriamente mediante referencias tomadas sobre determinadas estructuras óseas. El sistema consta de una **estación de trabajo** externa al campo quirúrgico (Figura 1), un mando inalámbrico y receptores anclados al fémur y tibia que mediante la información que recoge la cámara, localizan estructuras, muestran cambios geométricos, orientan sobre la exactitud de los cortes óseos y aconsejan sobre la situación ligamentosa final. El sistema en resumen indica cuáles son los gestos quirúrgicos que debemos realizar para que la imagen real se adapte virtualmente a la imagen ideal. La navegación sustituye a la cirugía convencional en los momentos en que la técnica exige mayor precisión: altura y orientación de los cortes femoral distal y tibial proximal, determinación de la rotación femoral y tibial y espacios en

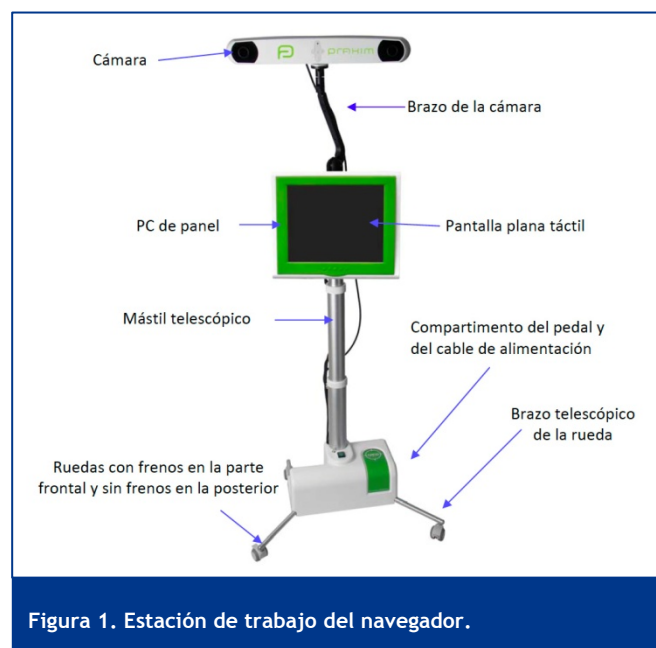


Figura 1. Estación de trabajo del navegador.

flexión y extensión. Constantemente se puede conocer de forma real lo que se está haciendo en cuanto a la alineación, cinemática y equilibrio de ligamentos, exactitud de los niveles, orientación de cada corte, tamaño del implante, etc (Figura 2). Es decir la navegación supone no sólo una ayuda para mejorar la precisión de cada acción, sino que también confirma su idoneidad a lo largo de la intervención.

Como se puede apreciar la navegación aporta datos esenciales para la alineación de la artroplastia siguiendo un eje mecánico (centro de rotación de la cadera, centro de la rodilla y centro del tobillo), obviando el eje anatómico que, como se sabe, está sujeto a errores y a variaciones individuales no controladas. Todas estas acciones son las que más tiempo consumen respecto a la cirugía convencional. Se prescinde de la colocación de las guías para orientar los cortes óseos, utilizando la información que proporciona el navegador.

La navegación en ATR tiene ya un fundamento bibliográfico sólido. Son múltiples los estudios comparativos, prospectivos y aleatorizados que han mostrado la mejor alineación que se obtiene con la CAO frente a las técnicas convencionales. Aspectos más controvertidos son la utilidad de la navegación en grandes deformidades, en la orientación rotacional de los componentes o en cirugía de revisión.

Las **deformidades** con repercusión clínica más frecuentes en la rodilla se producen en el plano frontal por encima de 10° de desviación en varo - valgo. La pérdida ósea y la lesión ligamentosa que asocian estas deformidades dificulta la obtención de una buena alineación, siendo más difícil conseguir un buen resultado funcional y una mejor supervivencia del implante. Nuestra experiencia clínica en este especial grupo de pacientes, está publicada en varios estudios (4). Hemos observado que la CAO aporta una excelente ayuda en estos casos así como cuando existe **materia de osteosíntesis** (Figura 3) cuya extracción es difícil, supone un mayor tiempo quirúrgico y es origen de posibles complicaciones (5).

Si bien nuestra experiencia apoya un menor sangrado con navegación, el tiempo quirúrgico es superior y está



Figura 2. Pantalla del navegador mostrando niveles de corte, tamaños y alineación del componente femoral.



Figura 3. Antigua fractura supracondilea femoral. Colocación de una ATR con navegador sin extracción del material de osteosíntesis.

claramente ligado a la experiencia con el procedimiento, aunque los nuevos modelos van acortando esta demora. Es importante tener en cuenta que como en otros campos de la informática, una de sus principales características es su formidable dinamismo. Cada versión mejora a la anterior e incorpora nuevas posibilidades sujetas a su vez a un nuevo proceso de aprendizaje que obviamente consume el tiempo que dentro de la intervención se juzgue oportuno. No debe verse por lo tanto a la navegación como una técnica “cerrada”, sino todo lo contrario, en constante evolución. Es comprensible en este aspecto la dificultad existente para valorar su impacto clínico.

Los detractores de la navegación apuntan que sus efectos aun son provisionales y prematuros. No sabemos si la incorporación de la navegación mejorará los resultados de las ATR. Habrá que esperar resultados a largo plazo para confirmar este nuevo camino pero aunque no se conoce el impacto global que sobre la evolución clínica y supervivencia de la ATR tienen la mejoría de la alineación del implante y de la extremidad, es previsible que pueda ser significativa si se tienen en cuenta los abundantes estudios que relacionan fracaso y mala alineación. En nuestra experiencia, y tras 8 años de seguimiento mínimo, no hemos observado diferencias en cuanto a resultados clínicos entre ATR implantadas con o sin navegación, aunque sí fue mas frecuente la cirugía de revisión en el grupo con técnica convencional (6).

4.- ROBÓTICA EN ARTROPLASTIAS DE RODILLA

Como ya hemos señalado, la robótica es la parte activa del espectro de la CAO. Frente a la navegación, que en ATR ya forma parte del arsenal quirúrgico habitual, su uso es mucho más reducido. Sin embargo hay buenas razones para pensar que en un futuro, su utilización puede ser más amplia. La mayor experiencia con robótica en Cirugía Ortopédica se tiene en artroplastia total de cadera con

series clínicas en que si bien a expensas de un mayor tiempo quirúrgico, se comprueba un mejor ajuste del vástago al canal femoral (objetivo del procedimiento), no se han encontrado ventajas respecto a la valoración clínica o el resultado global. Por el contrario se describe una mayor lesión de las partes blandas que parece justificar una mayor tasa de luxaciones.

La robótica participa de los objetivos ya expresados para la CAO. En ATR, no sólo eliminaría los errores relativos a las guías, sino que permitiría también evitar el sesgo que puede originarse en el momento de la resección ósea (Figura 4). La situación ideal pasaría por poder automatizar completamente la resección sin necesidad de utilizar plantillas, garantizando su perfección. Por otro lado debería asegurar tanto su precisión como la ausencia de invasión de otras estructuras minimizando la posibilidad de lesiones de partes blandas. Estos objetivos prometen ser alcanzados por los nuevos robots quirúrgicos que, al realizar los cortes, informan al cirujano ofreciendo resistencia mediante un servomecanismo que asegura que la sierra no alcanza las partes blandas.

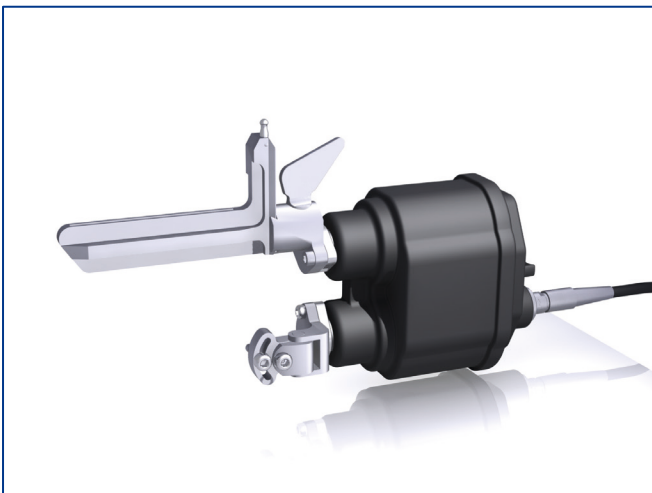


Figura 4. Sistema semiactivo de robot para practicar los cortes femorales (modelo I-block de la compañía Praxim).

Es necesario tener en cuenta que todos los instrumentos necesarios para llevar a cabo la intervención con estas tecnologías suponen un conflicto de espacio y comodidad en quirófano. Más importante aun es la necesidad de utilizar instrumental accesorio en una intervención ya de por sí compleja como es la ATR. Las nuevas tecnologías además de asegurar la posición de los componentes y un buen balance de partes blandas, deberían facilitar la técnica quirúrgica. Estos aspectos adquieren especial relevancia cuando hablamos de robótica en cirugía. En este sentido algunos de los inconvenientes de los primeros robots parecen hoy superados. La necesidad de realizar una intervención previa colocando tornillos de referencia antes de realizar la toma de imágenes con tomografía computarizada parece ahora innecesaria y es posible que en un futuro no lejano, la fijación rígida del robot a la extremidad también pueda evitarse, en parte gracias a la navegación. Los resultados publicados con los actuales robots en ATR, aunque menos numerosos, están en línea con los de la navegación en el sentido de asegurar una mejor alineación que con las técnicas convencionales. El futuro de la implantación de la robótica en la cirugía habitual de la ATR puede depender,

además de los obvios condicionantes económicos, de su capacidad para simplificar el procedimiento y la posibilidad de solucionar problemas clínicos reales.

5.- PLANTILLAS INDIVIDUALIZADAS PARA CORTES ÓSEOS

La última aportación de la informática a las técnicas quirúrgicas ortopédicas son las **plantillas individualizadas** para realizar los cortes óseos en los implantes articulares. Se conoce en la literatura como técnica **PSI** (Patient-specific instruments) o **PSG** (Patient-specific guides). En estos momentos están disponibles para la ATR. Esta técnica consiste en la confección de plantillas de corte personalizadas y que han sido elaboradas informaticamente de acuerdo a las imágenes preoperatorias facilitadas por el cirujano (Tomografía computada o Resonancia Nuclear). Las más importantes compañías de prótesis articulares han creado una división especial para el desarrollo e introducción de esta técnica. Además de incrementar el coste de este procedimiento, las plantillas individualizadas necesitan el apoyo de los departamentos de radiodiagnóstico, no atienden a la situación ligamentosa, son de un solo uso y para utilizar en un momento determinado y no parece que vayan a mejorar los resultados clínicos de la cirugía con técnica estándar o de la navegación (7). En este campo, como en otros, es necesario esperar resultados a más largo plazo y conocer su coste-eficiencia.

6.- CONCLUSIÓN

Aunque existen otros campos de utilización de la navegación en nuestra especialidad y permanentemente están apareciendo nuevas indicaciones, nos hemos centrado en la cirugía artroplástica de la rodilla. La osteosíntesis de pelvis, el bloqueo de los clavos encerrojados, las osteotomías, las plastias ligamentosas etc son otras indicaciones aun no suficientemente ratificadas pero que aumentarán en el futuro la aplicación de la informática en el quirófano. Por otra parte la investigación continúa para encontrar otras aplicaciones, simplificar la técnica evitando los tiempos mas problemáticos de la navegación como la fijación de los emisores al hueso (8), diseñando sistemas mas manejables, etc. La opinión general es que la ayuda informática a la cirugía ortopédica ha llegado para quedarse y que debemos acostumbrarnos a ver navegadores en nuestros quirófanos.

Puede quedarle al lector la impresión de que en el futuro algunos procedimientos como el implante de una artroplastia será realizado exclusivamente por máquinas o al menos en gran parte. No debe ser así; la cirugía, como rama de la medicina, siempre formará parte de la estrecha relación que debe mantener un profesional experto (el cirujano) con una persona enferma que le confía su salud y bienestar.

BIBLIOGRAFÍA

1. DiGioia III AM, Jaramaz B, Colgan BD. Computer assisted orthopaedic surgery. Image guided and robotic assistive technologies. Clin Orthop Relat Res 1998; 354: 8-16.
2. Robertsson O, Dunbar M, Pehrsson T, Knutson K, Lidgren L. Patient satisfaction after knee Arthroplasty. Acta Orthop Scand 2000; 71: 262-267

3. Bourne RB, Chesworth BM, Davis AM, Mahomed NN, Charron DJ . Patient Satisfaction after Total Knee Arthroplasty. Who is Satisfied and Who is Not?. Clin Orthop Relat Res 2010; 468:57-63.
4. Hernández-Vaquero D, Suarez-Vazquez A, Sandoval-García MA. Computer assistance increases precision of component placement in total knee arthroplasty with articular deformity. Clin Orthop Relat Res 2010 468:1237-1241.
5. Hernández-Vaquero D, Suarez-Vazquez A, Iglesias-Fernandez S. Computer-assisted navigation in total knee arthroplasty without femoral hardware removal. Acta Chir Orthop Traumatolol Cechosl 2012; 79: 331-334.
6. Hernández-Vaquero D, Suarez-Vazquez A, Iglesias-Fernandez S Can computer assistance improve the clinical and functional scores in total knee arthroplasty? Clin Orthop Relat Res 2011; 469:3436-3442.
7. Barrack RL, Ruh EL, Williams BM, Ford AD, Foreman K, Nunley RM. Patient specific cutting blocks are currently of no proven value. J Bone Joint Surg Br 2012;94-B, Supple A:95-99.
8. Keyes BJ, Marcel DC, Meneghini RM. Evaluation of limb alignment, component positioning, and function in primary total knee arthroplasty using a pinless navigation technique compared with conventional methods. J Knee Surg 2013; 26:127-132.