

Artroplastia total de rodilla primaria asistida por computador (orthopilot): Descripción de la técnica quirúrgica y resultados. Reporte preliminar. Diciembre de 2001 – diciembre de 2003. Hospital militar central.

Luis Felipe Náquira. MD. *, Fabio Restrepo Tello. MD. **, Gustavo Pineda Acero. MD. **, Edgar Clavijo. MD. **, Mario Buitrago. MD. ***

* Residente de tercer año de Ortopedia y Traumatología Universidad militar Nueva Granada, Hospital Militar Central.
Hospital Militar Central Trans 3 No 49-00
fitorestrepo@yahoo.com

Resumen

Entre Diciembre de 2001 y Diciembre de 2003, fueron tratados en el Departamento de Ortopedia y Traumatología del Hospital Militar Central, 21 pacientes con osteoartrosis de rodilla, realizándoles artroplastia total de rodilla primaria asistida por computador (Orthopilot). Se realizó seguimiento en promedio de 18 meses. Se evaluó función, eje mecánico con ortoradiografía y tiempo quirúrgico, obteniendo un valgo promedio de 4,3 grados, y un eje mecánico que pasa por el centro de la rodilla en el 95% de los casos, confirmado por un ángulo femorotibial mecánico de -2,5 grados. Se evidenció aumento del tiempo quirúrgico en promedio de 1 hora comparado con la técnica convencional, como complicaciones, un paciente presentó una infección que requirió retiro de la prótesis, y en 4 pacientes ocurrieron fallas técnicas con el navegador haciendo necesario continuar con la técnica convencional y excluyéndolos del estudio. Los resultados radiológicos son entre excelentes y buenos en el 100% de los casos.

Palabras Claves: Osteoartrosis de rodilla, Artroplastia rodilla.

Abstract

Primary total knee arthroplasty asisted by computer (orthopilot)

Between December 2001 and December 2003, 21 patients suffering from osteoarthritis of the knee were treated using computer assisted complete primary arthroplasty of the knee (Orthopilot) at the Department of Orthopaedics and Traumatology in the Hospital Militar Central. Results were followed up for an average of 18 months. The criteria evaluated were function and mechanical axis, using ortho-radiography, and length of surgery. The average value obtained was 4.3° with a mechanical axis passing through the centre of the knee joint in 95% of cases, confirmed by a mechanical femoral-tibial angle of -2.5°. Length of surgery was increased by an average of 1 hour compared to the conventional technique. Complications were as follows: One patient experienced an infection which required the withdrawal of the prosthesis and in four of the operations technical problems with the navigator made it necessary to proceed using conventional techniques and these patients were excluded from the study. Radiological results ranged from Excellent to Good in 100% of cases.

Key Words: Osteoarthritis of the knee joint, Arthroplasty of the knee joint.

Introducción

El éxito de la artroplastia total de rodilla depende de diversos factores, entre los cuales se incluyen, la selección apropiada del paciente, diseño del implante, una cuidadosa y depurada técnica quirúrgica, y unos cuidados postoperatorios efectivos. Las nuevas generaciones de diseños de implantes, nos han dejado como enseñanza que el resultado sobre todo a largo plazo de esta cirugía va a depender de la técnica quirúrgica¹⁻⁹. Una orientación incorrecta del implan-

te o de la alineación de la extremidad podría llevar a un desgaste temprano del implante, que conducen al fracaso. En los últimos años, algunos estudios sugieren que errores de alineación mayores de 3° están asociados con una falla más rápida del implante y unos resultados menos satisfactorios después de realizar una artroplastia total de rodilla^{1,10-20}, otros estudios han enfatizado que la causa más frecuente de revisiones en reemplazos totales de rodilla son los errores de la técnica quirúrgica.

A pesar que los diseños de implantes nuevos, cada día se preocupan más por que el instrumental posea las guías adecuadas para lograr una mejor alineación de implante y de la mecánica de la extremidad, todavía encontramos errores de la alineación tanto femoral como tibial mayores de 3°, hasta en un 10 %, de las artroplastias totales de rodilla, incluso en aquellas realizadas por cirujanos experimentados.

Con los sistemas de alineación basados en computador, se han podido corregir los errores que ocurren con los sistemas manuales gracias a que se obtienen medidas más exactas y las mismas no dependen de unas radiografías o de la confirmación visual del cirujano; en la actualidad hay tres modelos de este sistema: Sistemas de navegación libres de imágenes, sistemas de navegación basados en imágenes y sistemas robóticos.²¹⁻²⁹

Los sistemas de navegación mejoran la instrumentación mecánica debido a que se incluyen diferentes formas de realizar medidas y ubicar diferentes puntos que nos permiten una mejor alineación de implante. Los sistemas libres de imagen usan la información obtenida durante la cirugía, los sistemas que usan imágenes, obtienen la información de TAC preoperatorios y fluoroscopia durante la cirugía, y los sistemas robóticos usan máquinas que guían o reemplazan al cirujano durante parte del procedimiento quirúrgico.

El propósito de este trabajo es evaluar, la seguridad, la utilidad, y la factibilidad, de un sistema de navegación libre de imágenes (OrthoPilot; Aesculap, Tuttlingen, Germany) en la artroplastia total de rodilla primaria.

Este sistema se selecciona para el estudio por:

1. Ha sido aprobado para su uso a nivel mundial.
2. La institución tiene el equipo.
3. Ha sido evaluado en diferentes estudios que recomiendan su uso.^{20,27,28,30-32}

Nuestra finalidad en el estudio es realizar una descripción de la técnica quirúrgica y mostrar los resultados iniciales de los pacientes a quienes hemos realizado este procedimiento.

Materiales y Métodos

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Describir los resultados a corto plazo, de los pacientes a quienes se realizó artroplastia total de rodilla primaria con el sistema de navegación OrthoPilot (BRAUN AESCULAP Alemania), realizados entre Enero de 2001 hasta Diciembre de 2003 en Hospital Militar Central de la ciudad de Bogotá.

1.2. Objetivos específicos

1.2.1 Describir las variables demográficas de los pacientes del estudio.

1.2.2 Describir someramente la técnica quirúrgica de artroplastia total de rodilla primaria con el sistema de navegación OrthoPilot (BRAUN AESCULAP Alemania).

En esencia el computador determina las correcciones necesarias de acuerdo con los datos suministrados por los sensores localizados en fémur y tibia, y por los puntos definidos por el cirujano como elementos de alineación, entre los cuales se cuentan:

- Ángulo inclinación femoral lateral
- Ángulo inclinación tibial lateral
- Ángulo Femoral distal anatómico
- Ángulo Femoral distal mecánico
- Ángulo tibial proximal anatómico
- Ángulo Femorotibial anatómico
- Ángulo Femorotibial mecánico
- El eje transcondileo,
- El punto extremo posterior de los cóndilos,
- La superficie tibial
- La depresión máxima del plato.

(Se omiten los pasos detallados que son suministrados por el computador, y que los autores ponen a disposición del lector).

1.2.3 Describir las ventajas y desventajas de esta técnica quirúrgica.

1.2.4 Evaluación radiológica de la alineación de los componentes y de la extremidad.

1.2.5 Comparar los resultados obtenidos en la población de estudio con los resultados de otros estudios encontrados en la literatura.

2. Metodología

2.1 tipo de estudio

El presente es un estudio descriptivo, retrospectivo, tipo serie de casos, entre Enero de 2001 y Diciembre de 2003 de los pacientes operados de artroplastia total de rodilla primaria con el sistema de navegación OrthoPilot en el servicio de rodilla y reemplazos articulares, del Hospital Militar Central en la ciudad de Bogota, Colombia.

2.2 población de estudio

Todos los pacientes a quienes se les realizó artroplastia total de rodilla primaria con el sistema de navegación OrthoPilot.

2.2.1 Criterios de inclusión:

1. Pacientes con artrosis de rodilla de cualquier etiología.
2. Pacientes a quienes se les haya realizado y finalizado el RTR con asistencia del OrthoPilot.
3. Pacientes con estudios radiológicos antero posteriores y laterales de rodilla prequirúrgicos, posquirúrgicos y ortoradiografía a los tres meses de seguimiento.

2.2.2 Criterios de exclusión:

1. Los pacientes que no cumplan los criterios de inclusión.
2. Los pacientes que no tengan por lo menos tres meses de seguimiento
3. Los pacientes cuya cirugía se finalizó con la técnica convencional.

2.3 Técnicas

En todos los pacientes con artroplastia total de rodilla primaria con el sistema de navegación OrthoPilot se llevó a cabo revisión de la historia clínica, con énfasis en la evaluación de las complicaciones, y la evolución posquirúrgica de la función de su rodilla.

Se revisaron las proyecciones antero posteriores, laterales y una ortoradiografía (figura 1 y 2) a los tres meses de su postoperatorio de la rodilla operada; se evaluó la alineación de los componentes de la prótesis, y la alineación de la extremidad.



Figura 1. Ortoradiografía de Miembros Inferiores.

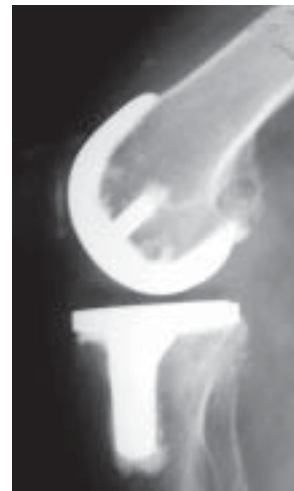


Figura 2. Proyección lateral Postoperatoria.

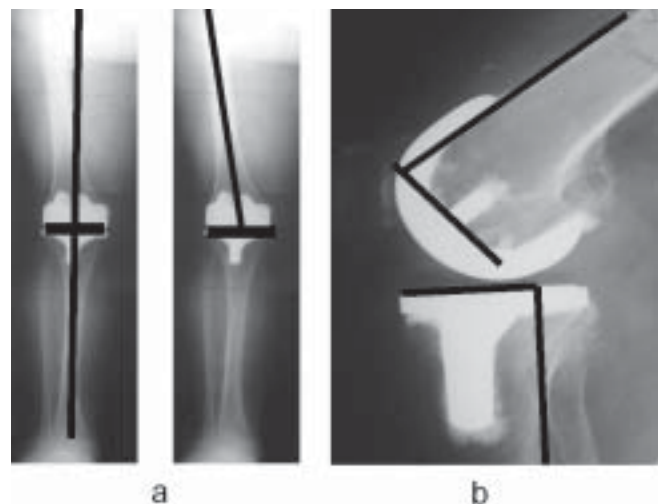


Figura 3. Mediciones radiológicas a) Alineación componentes en el plano AP. b) Medición componentes en el plano lateral.

2.4 Procedimientos

Los datos se consignaron en un formulario previamente diseñado que contiene las variables de análisis.

2.6 Registro de variables

2.6 Registro de Variables					
No.	Variable	Tipo	Clasificación	Nivel de medición	Indicador
1	Edad	Independiente	Cuantitativa	Razón	Años
2	Sexo	Independiente	Cualitativa	Nominal	Masculino Femenino
3	Tipo de software	Independiente	Cualitativa	Nominal	Ver 2.0 Ver 3.0
4	Tipo de artrosis	Independiente	Cualitativa	Nominal	Metabólica Mecánica Mixta
5	Complicaciones	Independiente	Cualitativa	Nominal	Sin Complic. Fractura tibia Fractura fémur Lesión vascular Lesión neurológica Infección superf. Infección profunda Muerte
6	Trastornos angulares asociados	Independiente	Cualitativa	Nominal	Sin angulación Varo Valgo
7	Grados de la angulación de la rodilla prequirúrgica	Independiente	Cuantitativa	Razón	Grados
8	Grados de la angulación de la rodilla postquirúrgica	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Grados
9	Ángulo femorotibial	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Grados
10	Ángulo femoral distal anatómico	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Grados
11	Ángulo femoral distal mecánico	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Grados
12	Ángulo tibial proximal anatómico	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Grados
13	Ángulo mecánico femorotibial	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Grados
14	Ángulo inclinación femoral lateral	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Grados
15	Ángulo inclinación tibial lateral	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Grados
16	Tiempo de seguimiento	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Meses
17	Complicaciones Técnica Quirúrgica	Dependiente	Cualitativa	Nominal	Descalibración de los sensores. Alteración en la transmisión de la señal por los sensores Fractura de pines de fijación. Cables mal conectados Calibración del lado equivocado
18	Tiempo quirúrgico	Dependiente	Cuantitativa	Razón	Horas

2.7 Plan de análisis

2.7.1 Análisis Univariado

2.7.1.1 Variables cualitativas: a estas variables se realizaron mediciones estadísticas, como distribuciones porcentuales y se aplicó la moda, además se presentaron en gráficos y cuadros.

2.7.1.2 Variables cuantitativas: a estas variables se aplicaron medidas de tendencia central, medidas de dispersión como la desviación estándar y variaciones (valor máximo y mínimo), estos resultados se presentaron en gráficas o cuadros.

A los resultados de las variables mencionadas se aplicaron pruebas de significación estadística como los intervalos de confianza y el valor de P; en el informe se presentaron solamente aquellos con resultados estadísticamente significativos.

2.7.2 *Análisis Bivariado*: Se analizaron asociaciones probables entre las variables según criterio de los investigadores en el momento del análisis. Se utilizaron medidas probables de asociación causal, como la razón de prevalencia a las cuales se aplicaron pruebas de significancia estadística (intervalos de confianza).

2.8 Programas de análisis:

Se utilizaron 4 programas: ACCES para la recolección de datos y EXCEL y EPINFO v 6.04 para el análisis y WORD para el procesamiento del texto.

Resultados

En el estudio fueron evaluadas 26 artroplastias totales primarias de rodilla en 26 pacientes. Sólo cumplieron los criterios de inclusión 21 pacientes.

De los 21 pacientes 5 eran hombres (23.8%) y 16 mujeres (76.2%). La edad promedio fue 64.7 años y varió entre 47 y 77 años.

El tipo de artrosis fueron 3 (14.2%) metabólicas, 18 (85.8%) mecánicas y ninguna mixta.

Doce (57.2%) rodillas fueron derechas y 9 (42.8%) izquierdas. Se observó deformidad prequirúrgica en varo para 12 pacientes con promedio de 5.6 grados (4 a 10 grados), en valgo 3 con un promedio de 10.6 grados (10 a 12 grados) y 5 pacientes no presentaban una deformidad de su rodilla.

Se utilizaron dos versiones del software: con el software 2.2 se realizaron 11 procedimientos (52.3 %) y con el software 3.0, 10 procedimientos (47.4 %).

El eje mecánico se encontró en las ortoradiografías postoperatorias en 95 % pasando por el centro de la articulación de la rodilla y en 5 % restante cercano al mismo pasando por el compartimiento interno.

En cuanto a la función de la rodilla que fue valorado con la escala de la sociedad americana de rodilla, se encontró un promedio de 85 puntos sobre 100 (70 - 90), en dolor postoperatorio 85 puntos de 100 (80 - 95) que es muy similar a la función y dolor encontrados en la series de las artroplastias totales primarias de rodilla realizadas con la técnica convencional.

La alineación del componente femoral fue en promedio de 89.3 grados (88-92) en la vista lateral y en la AP de 90.3 grados (88 - 93) en relación al eje mecánico; en cuanto al ángulo a partir del eje anatómico fue de 86.4 en promedio entre (82 - 87). El del componente tibial fue en promedio de 89.6 grados (87 - 92) en la vista lateral y en la AP de 90.8 grados (89 - 92). Obtuvimos un ángulo femorotibial anatómico entre 2 y 9 grados, promedio de 4.3 grados y mecánico entre -3 y 2 grados, promedio de -2.7 grados.

Referente al tiempo quirúrgico se encontró entre 2 horas y 15 minutos y 4 horas con un promedio de 3.1 horas, los pacientes en quienes se utilizó el programa (software) versión 2.2 el promedio fue de 3.5 horas (2.5 horas - 4 horas), con la versión 3.0 el promedio fue de 2.5 horas (2.1 horas - 3 horas). El sangrado oscilo entre 200 cc y 500 cc con un promedio de 267 cc.

El tiempo de seguimiento se encontró entre 3 meses como mínimo y 24 meses como máximo con un promedio de 13.2 meses.

Se presentaron 5 complicaciones en igual numero de pacientes, una infección que requirió retiro de la prótesis y 4 pacientes que por problemas técnicos fue necesario finalizar el acto quirúrgico con la técnica convencional, estos pacientes no se incluyeron en el estudio.

Discusión

El éxito en el Reemplazo Total de Rodilla depende de varios factores que incluyen, una adecuada selección del

paciente, diseño apropiado del implante, alineación correcta del mismo y un efectivo cuidado peri operatorio. Si bien todos estos aspectos son importantes luego del cuidado posquirúrgico inmediato, es la eficiencia mecánica del implante y su correcta alineación las condiciones que afectan directamente su durabilidad a largo plazo ¹⁻¹⁰.

Es por esta razón que las grandes inversiones de las diferentes compañías multinacionales en los últimos tiempos se han hecho en busca de mejorar los diseños protésicos y los instrumentales para su colocación de manera que se pueda en algún grado asegurar que la posición de la prótesis de cada paciente sea tal, que recupere el eje mecánico ideal de la extremidad asegurando al máximo la eficiencia de la prótesis implantada ^{6,8}.

La utilización del OrthoPilot como herramienta en la implantación de prótesis de rodilla en nuestro Hospital, que se inició en Diciembre de 2001 y se llevó a cabo hasta Junio de 2002, empleó el Software 2.2, y se reinició en Julio de 2003 hasta Septiembre 2003 con el Software 3.0. La diferencia importante entre los dos radica en que el 2.2 utiliza un sensor adicional en la pelvis que ubica el centro de rotación de la cadera para establecer el punto desde donde partirá el eje mecánico calculado por el ordenador.

Este procedimiento alargaba el tiempo quirúrgico en 20 minutos en promedio, además del alistamiento del paciente en el lavado quirúrgico hasta la pelvis haciéndose necesario para algunos cirujanos la esterilización del mango del torniquete o la suspensión de su uso. Con la llegada del nuevo software, el procedimiento se facilitó en gran medida al obviar estos pasos.

Con referencia al tiempo quirúrgico utilizado para el procedimiento piel a piel, encontramos una diferencia significativa entre los grupos dependiendo del software utilizado. Aunque no pretendemos comparar en este momento el procedimiento con un grupo control con instrumental convencional somos conscientes que esta experiencia supera el tiempo promedio utilizado por lo menos en 50 min.

En la valoración radiológica tomamos en cuenta como alineación ideal ^{35,36}:

1. Eje mecánico medido en ortoradiografía: centro
2. Eje femorotibial anatómico: 7 +/- 2
3. Eje femorotibial mecánico: 0 +/- 3

4. Ángulo femoral anatómico: 83 +/- 3
5. Ángulo tibial anatómico: 90 +/- 2
6. Ángulo de inclinación del platillo en lateral: 87 +/- 3
7. Ángulo de inclinación femoral en lateral: 90 +/- 2

En todos los parámetros radiológicos se alcanzó el promedio ideal en 100 % de los pacientes. Este resultado hace pensar un futuro promisorio para los procedimientos quirúrgicos que necesitan corregir ejes anatómicos o mecánicos alterados, pues con la asistencia del ordenador estamos seguros de conseguir resultados fácilmente predecibles.

Como lo que pretendemos en este momento es la descripción de la experiencia obtenida con el ordenador en el RTR y no la comparación con otras técnicas convencionales, se justifica profundizar en las fortalezas y debilidades del método.

Las complicaciones técnicas mas frecuentemente observadas fueron:

1. Pérdida de la calibración de los sensores.
2. Alteración en la transmisión de la señal por los sensores
3. Fractura de pines de fijación.
4. Cables mal conectados
5. Calibración del lado equivocado

Durante la manipulación de los sensores en el momento de la limpieza y esterilización es posible que reciban golpes que produzcan como resultado la pérdida de calibración de los mismos y por consiguiente una lectura alterada de la información. Por esta causa tuvimos la necesidad de suspender en una oportunidad tres meses el empleo del ordenador.

Con frecuencia en el acto operatorio las lámparas cielíticas o los ayudantes se interponen interrumpiendo las señales de los visores que hacen necesario repetir el paso que se esta desarrollando.

Para el anclaje de los sensores es necesario colocar tornillos bicorticales ³² en fémur y tibia los cuales deben estar orientados de manera especial con referencia al eje del cuerpo y deben ser asegurados con bloqueos a 45°. Se pueden presentar dificultades si no se utilizan los pernos de bloqueo pues el tornillo puede rotarse y no transmitir la información correspondiente. En un caso tuvimos ruptura del perno de bloqueo y fue necesario dejar parte de este perno en la me-

dular tibial de la paciente, anotando que esto no incidió en el resultado final de la misma.

Al iniciar el procedimiento e introducir los datos generales del paciente es necesario identificar correctamente el lado a operar pues en caso contrario el sistema procesara equivocadamente la información.

En general estos errores técnicos se van corrigiendo en la medida que el especialista y el personal que colabora con la cirugía adquieren experiencia ^{34,35}.

Entre las bondades del uso del navegador pudimos reconocer que, haciendo un adecuado registro de los puntos de referencia resaltan las siguientes ^{22,24,25,28,29,34,35}.

1. Detección exacta de la apertura en valgo y varo de la articulación en milímetros.
2. Diagnostico exacto de la deformidad anatómica de la articulación en grados.
3. Descripción exacta del alineamiento rotacional del fémur tomando como referencia la línea trans-condilar, en grados.
4. Descripción exacta de la orientación del platillo tibial en el plano sagital en grados.
5. Descripción exacta del alineamiento mecánico de la extremidad.
6. Detección exacta del centro de la cadera, rodilla y cuello de pie.
7. Arcos de movilidad en flexo extensión en grados.

En dos pacientes que tenían síntomas patelofemorales importantes, encontramos malalineamiento rotacional del fémur evidenciando una rotación interna del mismo en 8 y 10 grados respectivamente, esto permite deducir fácilmente que basados en la referencia convencional que utilizan los métodos comunes rotando externamente 3 grados el componente femoral, hubiesen sido insuficientes para la corrección del problema.

Si comparamos nuestra experiencia con algunas publicaciones a nivel mundial encontramos que nuestros valores de corrección radiológica son muy similares, por ejemplo, Thielemann en el 2001 con 125 pacientes toma 4 parámetros radiológicos: eje mecánico con desviación de 1.3 grados del ideal, inclinación posterior del platillo tibial de 0.3 grados de promedio, Angulo distal femoral anatómico de 84.1 +/- 2.8 grados, Angulo tibial proximal anatómico 88.7 +/- 2.7 gra-

dos. Mielke ³¹ en el 2001 con 30 pacientes refiere el eje mecánico femorotibial en 0 grados en 44%, y 92% de los pacientes con 0 +/- 2 grados, 96.7% de los casos tuvieron 0 grados de inclinación posterior del platillo, en general obtuvo un alineamiento ideal en 61.6% de los casos teniendo en cuenta todos los planos y si los sumamos con los satisfactorios son 96.8% de los casos; Jenny ³⁰ en el 2001 con 40 pacientes obtuvo un eje mecánico ideal en 85% de los casos, 0 +/- 3 grados, ángulo distal femoral anatómico ideal en 95% de los casos, ángulo inclinación femoral lateral ideal en 95% de los casos al igual que en el ángulo de inclinación de la tibia en lateral; Stulberg ²⁹ en el 2002 con 35 pacientes en un interesante estudio practicó el RTR con alineamiento intramedular en fémur y tibia y utilizó el OrthoPilot para verificar el alineamiento pre y posquirúrgico, inestabilidad lateral y arcos de movilidad, todas las medidas se repitieron con los implantes definitivos colocados, encontrando importantes variaciones entre las medidas radiológicas y las hechas por el ordenador que varían entre 0 y 8 grados en especial con las deformidades en varo, como conclusión sugiere que la utilización del OrthoPilot es segura y que ninguna condición del paciente se puede afectar con su uso, por el contrario se mejora la adquisición de datos de deformidades tanto pre o posquirúrgicas en el paciente.

Pensamos que el tiempo quirúrgico empleado es nuestra principal debilidad comparándonos con las otras series publicadas, sin embargo, estos autores deducen que es una variable que aumenta el tiempo quirúrgico definitivamente entre 15 a 30 minutos; en nuestro caso existe una clara tendencia a la disminución como lo demuestra la grafica, con el Software 3.0, que creemos que se alcanzara en la medida que tengamos la posibilidad de trabajar con este tipo de prótesis por lo menos 1 año.

Conclusiones

Los procedimientos asistidos por computador cada vez se generalizan más en la Ortopedia moderna, en el momento podemos hacer cirugía robótica en la columna y cadera, asistida por ordenador en columna, cadera, rodilla, osteotomías guiadas y ligamentos en la mejor posición, todo dependiendo de la naturaleza del software y de nuestra habilidad para utilizarlo, sin pensar hasta el momento que la mano del cirujano experimentado pueda desaparecer, es cierto que hay que darle espacio a los adelantos que puedan representar una longevidad mayor a la articulación comprometida.

En nuestro país no podemos dejar de mencionar el costo de realizar este procedimiento asistido por computador, pues aunque en las experiencias revisadas mencionan el costo y lo definen como relativamente bajo, para nuestra realidad nacional no deja de ser importante y está al alcance de pocas instituciones. Este sistema trabaja sobre la base de un análisis intraoperatorio de la cinemática de la rodilla que está siendo operada, sin necesidad de utilizar otros exámenes radiológicos prequirúrgicos como Tomografía Axial Computarizada, lo cual es una ventaja sobre otros programas diseñados para igual fin.

Esta experiencia se describe sin pretender olvidar los buenos resultados con los métodos de guías convencionales para la colocación de prótesis de rodilla; sólo quiere demostrar que la asistencia del OrthoPilot es un método seguro y predecible para utilizar en el Reemplazo Total de Rodilla, que necesita un entrenamiento especial para su manejo, una curva de aprendizaje medianamente rápida, pero que al final del ejercicio creemos que este esfuerzo redundará en la durabilidad de la prótesis al obtener una alineación ideal en la articulación.

Bibliografía

- Dorr LD, Boiardo RA. Technical considerations in total knee arthroplasty. *Clin Orthop*, 1997;205: 5-11.
- Figgie HE 3rd, Goldberg VM, Heiple KG, Moller HS 3rd, Gordon NH. The influence of tibial-patellofemoral location on function of the knee in patients with posterior stabilized condylar knee prosthesis. *J Bone Joint Surg Am*, 1986;68: 1035-40.
- Freeman MA, Todd RC, Bamert P, Day WH. ICLH arthroplasty of the knee: 1968-1977. *J Bone Joint Surg Br*, 1978;60: 339-44.
- Goodfellow JW, O'Connor J. Clinical results of the Oxford knee. Surface arthroplasty of the tibiofemoral joint with a meniscal bearing prosthesis. *Clin Orthop*, 1986;205: 21-42.
- Insall JN, Binazzi R, Soudry M, Mestriner LA. Total knee arthroplasty. *Clin Orthop*, 1985;192: 13-22.
- Insall JN, Ranawat CS, Aglietti P, Shine J. A comparison of four models of total knee-replacement prostheses. *J Bone Joint Surg Am*, 1976;58: 754-65.
- Insall J, Scott WN, Ranawat CS. The total condylar prosthesis. A report of two hundred and twenty cases. *J Bone Joint Surg Am*, 1979;61: 173-80.
- Ranawat CS, Boachie-Adjei O. Survivorship analysis and results of total condylar knee arthroplasty. Eight- to 11-year follow-up period. *Clin Orthop*, 1988;226: 6-13.
- Teter KE, Bregman D, Colwell CW Jr. Accuracy of intramedullary versus extramedullary tibial alignment cutting systems in total knee arthroplasty. *Clin Orthop*, 1995;321: 106-10.
- Ecker ML, Lotke PA, Windsor RE, Cella JP. Long-term results after total condylar knee arthroplasty. Significance of radiolucent lines. *Clin Orthop*, 1987;216: 151-8.
- Feng EL, Stulberg SD, Wixson RL. Progressive subluxation and polyethylene wear in total knee replacements with flat articular surfaces. *Clin Orthop*, 1994;229: 60-71.
- Garg A, Walker PS. Prediction of total knee motion using a three-dimensional computer-graphics model. *J Biomech*, 1990;23: 45-58.
- Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br*, 1991;73: 709-14.
- Laskin RS. Total condylar knee replacement in patients who have rheumatoid arthritis. A ten-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am*, 1990;72: 529-35.
- Oswald MH, Jakob RP, Schneider E, Hoogewoud H. Radiological analysis of normal axial alignment of femur and tibia in view of total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*, 1993;8: 419-26.
- Piazza SJ, Delp SL, Stulberg SD, Stern SH. Posterior tilting of the tibial component decreases femoral rollback in posterior-substituting knee replacement: a computer simulation study. *J Orthop Res*, 1998;16: 264-70.
- Ritter MA, Faris PM, Keating EM, Meding JB. Postoperative alignment of total knee replacement. Its effect on survival. *Clin Orthop*, 1994;299: 153-6.
- Ritter MA, Herbst SA, Keating EM, Faris PM. Radiolucency at the bone-cement interface in total knee replacement. The effects of bone-surfacing preparation and cement technique. *J Bone Joint Surg Am*, 1994;76: 60-5.
- Stern SH, Insall JN. Posterior stabilized prosthesis. Results after follow-up of nine to twelve years. *J Bone Joint Surg Am*, 1992;74: 980-6.
- Wasielewski RC, Galante JO, Leighty R, Natarajan RN, Rosenberg AG. Wear patterns on retrieved polyethylene tibial inserts and their relationship to technical considerations during total knee arthroplasty. *Clin Orthop*, 1994;299: 31-43.
- Davies BL, Harris SJ, Lin WJ, Hibberd RD, Middleton R, Cobb JC. Active compliance in robotic surgery-the use of force control as a dynamic constraint. *Proc Inst Mech Eng [H]*, 1997;211: 285-92.
- Delp SL, Stulberg SD, Davies B, Picard F, Leitner F. Computer assisted knee replacement. *Clin Orthop*, 1998;354: 49-56.
- Fadda M, Bertelli D, Martelli S, et al. Computer assisted planning for total knee arthroplasty. In: Proceedings of the First Joint Conference on Computer Vision, Virtual Reality and Robotics in Medicine and Medical Robotics and Computer Assisted Surgery; 1997; Grenoble, France. New York: Springer; 1997. p 619-28.
- Kienzle TC, Stulberg SD, Peshkin M, et al. A computer-assisted total knee replacement surgical system using a calibrated robot. In: Taylor RH, Lavalée S, Burdea GC, Mosges R, editors. Computer-integrated surgery: technology and clinical applications. Cambridge, MA: The MIT Press; 1996. p 409-16.
- Leitner F, Picard F, Minfelde R, et al. Computer assisted knee surgical total replacement. In: Proceedings of the First Joint Conference on Computer Vision, Virtual Reality and Robotics in Medicine and Medical Robotics and Computer Assisted Surgery; 1997; Grenoble, France. New York: Springer; 1997. p 630-8.
- Matsen FA 3rd, Garbini JL, Sidles JA, Pratt B, Baumgarten D, Kaiura R. Robotic assistance in orthopaedic surgery. A proof of principle using distal femoral arthroplasty. *Clin Orthop*, 1993;296: 178-86.

27. Picard F, Leitner F, Raoult O, Saragaglia D, Cinquin P. Clinical evaluation of computer assisted total knee arthroplasty. In: Proceedings of the Second Annual North American Program on Computer Assisted Orthopaedic Surgery; 1998; Pittsburgh, PA. p 239-49.
28. Picard F, Leitner F, Raoult O, et al. Early clinical results with the Orthopilot System [abstract]. *Comput Aided Surg*. 1999.
29. Stulberg SD, Picard F, Saragaglia D. Computer-assisted total knee replacement arthroplasty. *Op Tech Orthop*, 2000;10: 25-39. .
30. Jenny Y, Boeri C. Computer-assisted total knee prosthesis implantation without preoperative imaging: a comparison with classical instrumentation. In: Proceedings of the Fourth Annual North American Program on Computer Assisted Orthopaedic Surgery; 2000; Pittsburgh, PA. p 97-98.
31. Mielke RK, Clemens U, Kershally S. Computer integrated instrumentation in knee arthroplasty: a comparative study of conventional and computerized technique. In: Proceedings of the Fourth Annual North American Program on Computer Assisted Orthopaedic Surgery; 2000; Pittsburgh, PA. p 93-6.
32. Orthopilot® Users Meeting, Tuttlinger, Germany, 2000.
33. Ewald, FC. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop* 1989;248:9-12.
34. Mielke RK, Clemens U, Jens JH, Kershally S. [Navigation in knee endoprosthesis implantation-preliminary clinical experiences and prospective comparative study with conventional implantation technique]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 2001;139: 109-16. . German.
35. Böhler M, Messner M, Glos W, Riegler M. Computer navigated implantation of total knee prostheses-a radiological study. *Acta Chir Austriaca*, 2001;33(Suppl 175): 63.
36. Jenny JY, Boeri C. [Navigated implantation of total knee endoprosthesis-a comparison with conventional instrumentation]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, 2001;139: 117-9. . German.