

ORIGINAL

Influencia de la instrumentación sobre el tiempo quirúrgico para implantar una prótesis total de rodilla



V.J. León-Muñoz^{a,*}, A.J. Lisón-Almagro^b y M. López-López^c

^a Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca, Murcia, España

^b Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología, Hospital de la Vega Lorenzo Guirao, Cieza, Murcia, España

^c Subdirección General de Tecnologías de la Información, Servicio Murciano de Salud, Murcia, España

Recibido el 4 de febrero de 2019; aceptado el 7 de abril de 2019

Disponible en Internet el 7 de junio de 2019

PALABRAS CLAVE

Artroplastia;
Rodilla;
Tiempo;
Instrumentación

Resumen

Objetivo: Demostrar si existe diferencia en el tiempo que se prolonga la cirugía para implantar una prótesis de rodilla atendiendo al sistema de instrumentación empleado.

Material y método: Análisis retrospectivo de la duración de 243 intervenciones (tiempo piel-piel y tiempo de isquemia) realizadas por el mismo cirujano. Setenta y dos casos intervenidos con instrumental convencional, 68 asistidos por navegador (*computer assisted surgery*) y 103 con bloques de corte personalizados (*personalized instrumentation system* [PSI]).

Resultados: IC piel-piel 87,85 min (DE 11,86). IC isquemia 94,44 min (DE 11,49). *Computer assisted surgery* piel-piel 123,46 min (DE 11,27). *Computer assisted surgery* isquemia 129,63 min (DE 11,37). PSI piel-piel 78,69 min (DE 13,06). PSI isquemia 84,63 (DE 12,06). Existe una diferencia significativa favorable a PSI respecto a los otros sistemas de instrumentación (p 0,000).

Conclusiones: En nuestro estudio, el consumo de tiempo para la implantación de una prótesis de rodilla ha sido significativamente inferior cuando hemos empleado bloques de corte personalizados, que cuando hemos empleado otros sistemas.

© 2019 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Arthroplasty;
Knee;
Time;
Instruments

Influence of instrumentation on the surgical time to implant a total knee prosthesis

Abstract

Objective: To demonstrate if there is a difference in the time that the surgery is prolonged to implant a knee prosthesis according to the instrumentation system used.

Material and methods: Retrospective analysis of the duration of 243 interventions (skin-to-skin time and ischemia time) performed by the same surgeon. Seventy-two cases operated with conventional instruments (IC), 68 by means of computer assisted surgery (CAS) and 103 with personalized instrumentation system (PSI).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: vleonmd@gmail.com (V.J. León-Muñoz).

Results: IC skin-to-skin time 87,85 min (SD 11,86). IC ischemia time 94,44 min (SD 11,49). Computer assisted surgery skin-to-skin time 123,46 min (SD 11,27). Computer assisted surgery ischemia time 129,63 min (SD 11,37). PSI skin-to-skin time 78,69 min (SD 13,06). PSI ischemia time 84,63 min (SD 12,06). There is a significant difference between PSI and the other instrumentation systems (p 0,000).

Conclusions: In our study, the time consumption for the implantation of a knee prosthesis has been significantly lower when cutting blocks have been used, than when we have used other systems.

© 2019 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Existen diferentes tipos de sistemas de instrumentación para la implantación de una prótesis de rodilla (PTR). Los sistemas convencionales, los más empleados, se basan en dispositivos de guías mecánicas intramedulares a nivel femoral e intra- o extramedulares a nivel tibial, sobre los que se anclan los bloques de corte para las pertinentes osteotomías¹. Los sistemas quirúrgicos asistidos por ordenador (*computer assisted surgery* [CAS]) trabajan con referencias anatómicas, que un sistema informático analiza para guiar la orientación de los bloques de corte²⁻⁴. Otra alternativa es el diseño de la cirugía sobre modelos virtuales en tres dimensiones obtenidos a partir de un estudio por tomografía computarizada o resonancia magnética (es decir, una navegación preoperatoria) y el uso de bloques de corte o posicionadores personalizados como instrumentación (*personalized instrumentation system* [PSI])^{5,6}. Cada una de estas tecnologías implica una secuencia de pasos y gestos quirúrgicos diferentes, por lo que la intervención puede prolongarse más o menos tiempo. Conocer la duración de las intervenciones puede ser de ayuda para optimizar el rendimiento de cada sesión quirúrgica^{7,8}. Diferentes trabajos^{9,10} sugieren que la sustitución de instrumentales convencionales por bloques de corte personalizados disminuye el tiempo que se prolonga la intervención y tiene, por tanto, una repercusión positiva en los análisis coste-eficiencia y coste-efectividad. El objetivo del trabajo ha sido demostrar si existe diferencia significativa en el tiempo que se prolonga la cirugía protésica de rodilla atendiendo al sistema de instrumentación empleado.

Material y método

Hemos realizado un análisis retrospectivo de la información registrada en las bases de datos del formulario web específicamente diseñado para la cirugía de PTR. Hemos analizado la duración de 243 intervenciones realizadas por el mismo cirujano senior (VLM) entre los años 2008 y 2012. Se han incluido en el estudio casos afectos por gonartrosis bi- o tricompartmental, sin intervenciones previas sobre dicha rodilla, en los que se ha implantado el mismo modelo protésico. Se han excluido del estudio pacientes no intervenidos por VLM, pacientes a los que se ha implantado prótesis

posterior o medialmente estabilizadas, casos sin sustitución patelar, casos con cementación en dos tiempos, modificaciones de las osteotomías, uso de vástagos y/o suplementos, pacientes intervenidos bilateralmente en un solo tiempo u osteotomías de tuberosidad tibial anterior para el abordaje (es decir, aquellos casos en los que gestos no estandarizados durante la intervención pudieran condicionar una variación en la duración de la misma). Se han excluido del estudio los 15 primeros casos intervenidos con cada sistema.

Para la implantación de la prótesis se ha empleado en 72 casos (29,63%) el instrumental convencional mecánico (IC), cirugía asistida por navegación quirúrgica (CAS) en 68 casos (27,98%) y bloques de corte personalizados (PSI) en 103 casos (42,39%). Las cirugías con IC han sido simultáneas a las realizadas con CAS y PSI. Las realizadas con PSI y CAS han sido consecutivas, ya que un sistema ha sustituido al otro. No se han seleccionado los casos en función de características antropométricas, clínicas o radiográficas. Las características demográficas y antropométricas de la serie se exponen en la [tabla 1](#). No hemos obtenido diferencias significativas en lo que respecta a las variables edad, distribución de sexos, talla e índice de masa corporal entre los tres grupos. Ha existido diferencia en el peso con p 0,019.

Intervención quirúrgica

La prótesis implantada, con independencia del sistema de instrumental empleado, ha sido en todos los casos la Global Medacta Knee (GMK®, Medacta International SA, Castel San Pietro, Suiza) cementada, con inserto ultracongruente. En todos los casos se ha protetizado la rótula. En todos los casos, con independencia del instrumental empleado, el objetivo de alineación postoperatoria ha sido la obtención de un ángulo fémoro-tibial mecánico (aFTm) de 180°.

La isquemia se ha realizado mediante un torniquete de exanguinación estéril (S-MART® o HemaClear®, OHK Medical Devices, Haifa, Israel), que se ha aplicado justo antes de la incisión y retirado tras el vendaje de la extremidad.

En los casos intervenidos mediante instrumental convencional mecánico se ha empleado alineación intramedular femoral y tibial y el sistema de equilibrio ligamentoso (*Ligaments Balancing System*) para establecer la rotación externa femoral. Hemos realizado la cirugía asistida por navegación quirúrgica con el sistema iMNS - *Medacta Navigation*

Tabla 1 Características demográficas y antropométricas de la serie

	IC (n 72)	CAS (n 68)	PSI (n 103)	p
Edad (en años)	71,04 ± 7,07	71,96 ± 7,42	71,28 ± 7,69	0,510
Talla (en cm)	159,75 ± 9,22	157 ± 8,42	159,28 ± 9,3	0,202
Peso (en kg)	79,22 ± 8,67	74,81 ± 11,43	78,61 ± 10,25	0,019
IMC (en kg/m ²)	31,22 ± 4,11	30,37 ± 4,15	31,09 ± 4,62	0,517
Sexo	Mujeres 47 (65,28%) Hombres 25 (34,72%)	Mujeres 46 (67,65%) Hombres 22 (32,35%)	Mujeres 74 (71,84%) Hombres 29 (28,16%)	0,637

Valores expresados en media y desviación estándar o número y porcentaje.

CAS: navegación quirúrgica; IC: instrumental convencional; IMC: índice de masa corporal; PSI: bloques de corte personalizados.

Nivel de significación p < 0,05.

System (Medacta International S.A., Castel San Pietro, Suiza). Hemos empleado bloques de corte tras la planificación de la intervención sobre modelos virtuales 3D obtenidos tras estudio por tomografía computarizada, con el sistema *MyKnee® (Medacta International S.A., Castel San Pietro, Suiza)*. Mediante programas de diseño asistido por ordenador (programas CAD, *Computer-Aided Design*) se diseña el instrumental personalizado, que se produce mediante sinterización selectiva por láser de una poliamida de precisión en polvo.

Variables

Se ha determinado el tiempo piel-piel (tiempo desde que se inicia el abordaje hasta el cierre de la herida quirúrgica) y el tiempo de isquemia (isquemia estéril justo antes de la incisión y retirada tras el vendaje de la extremidad). El tiempo que se prolonga la intervención se ha obtenido mediante explotación de las bases de datos del formulario web específicamente diseñado para la captura de actividad relacionada con la cirugía de PTR. Dicha información se ha cruzado con la registrada en el formulario web de gestión de quirófano, que emplea el personal de enfermería. Además, hemos analizado la deformidad de la extremidad mediante el ángulo aFTm preoperatorio determinado en telemetría en bipedestación, el grado de artrosis según la clasificación de Kellgren y Lawrence^{11,12} y el balance articular preoperatorio (existencia de flexo estructurado y balance de flexión activo máximo), tal como refleja la [tabla 2](#), sin obtener diferencias significativas entre grupos. Hemos determinado la alineación postoperatoria en plano coronal en los tres grupos. Dada la anonimización de las variables a analizar tras la descarga desde las bases de datos, no ha sido necesario el consentimiento informado expreso por parte de los pacientes para la publicación de dichos datos.

Análisis estadístico

El tratamiento analítico se ha realizado mediante los softwares de analítica predictiva Minitab® Statistical Software v.18 e IBM SPSS v.25 para Windows. La ausencia de distribución normal de los valores, constatada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, ha condicionado el empleo de la prueba de Kruskal-Wallis para varias muestras independientes, la prueba de chi-cuadrado de Pearson para variables

cualitativas y el coeficiente de correlación de Pearson. Intervalos de confianza del 95% y valor de significación de 0,05.

Resultados

Hemos obtenido una diferencia significativa (p 0,000) favorable a los bloques de corte respecto a los otros dos sistemas de instrumentación, tal como se muestra en la [tabla 3](#), con un decremento de 9 minutos respecto al IC y de 44 minutos respecto a CAS. También existe una diferencia favorable de los casos intervenidos mediante IC frente a los casos asistidos por navegador de 35 minutos (p 0,000). En ningún caso de los intervenidos con PSI se tuvo que interrumpir la técnica y cambiar a IC. Hemos establecido una débil correlación positiva entre el aFTm y el tiempo que se prolonga la intervención. A mayor valgo de la extremidad, mayor tiempo piel-piel (p 0,049) y mayor tiempo de isquemia (p 0,038). No hemos establecido correlación alguna entre el balance articular preoperatorio y el tiempo quirúrgico. El porcentaje de casos con alineación postoperatoria (aFTm) en el rango de 180° ± 3° ha sido: 73,4% con IC, 90,2% con CAS y 88,6% con PSI (con una desviación media fuera de rango de 1,98° ± 1,73°, para los casos PSI).

Discusión

La observación más relevante de nuestro estudio es la disminución estadísticamente significativa del tiempo quirúrgico que se requiere para la implantación de una PTR cuando se emplea instrumental personalizado frente al uso de instrumental mecánico convencional o de la navegación quirúrgica directa. Nuestros registros son comparables a los publicados por otros autores¹³⁻¹⁹.

Se ha estimado que el uso de PSI como instrumentación para implantar una PTR reduce en hasta 21 pasos el procedimiento quirúrgico, con la consiguiente disminución del tiempo²⁰. En una revisión sistemática y metaanálisis realizada por Gong et al.²¹ se evalúan 9 estudios que publican el tiempo quirúrgico^{10,22-29}. Según su resultado, la cirugía con PSI reduce significativamente el tiempo quirúrgico una media de 7 minutos cuando se compara con el IC (intervalo de confianza del 95% de -10,95 a -3,75 con una p < 0,0001 y una proporción de variación total atribuible a la heterogeneidad de los estudios (I²) de 78%). La literatura actualmente disponible no analizada en el trabajo

Tabla 2 Características radiográficas y balance articular

	IC (n 72)	CAS (n 68)	PSI (n 103)	p
aFTm (en)	171,67 ± 6,29	172,45 ± 7,07	171,48 ± 6,22	0,907
KL III	30 (41,7%)	40 (58,8%)	53 (51,5%)	0,124
KL IV	42 (58,3%)	28 (41,2%)	50 (48,5%)	
Flexo (en)	4,03 ± 5,54	2,79 ± 4,76	3,64 ± 5,20	0,376
Flexión (en)	104,51 ± 12,76	104,04 ± 11,85	103,30 ± 12,03	0,653

Valores expresados en media y desviación estándar o número y porcentaje.

aFTm: ángulo fémoro-tibial mecánico; CAS: navegación quirúrgica; IC: instrumental convencional; KL III y KL IV hacen referencia al grado de artrosis según la clasificación de Kellgren y Lawrence^{11,12}; PSI: bloques de corte personalizados.

Nivel de significación p < 0,05.

Tabla 3 Resultado

	IC (n 72)	CAS (n 68)	PSI (n 103)	p
Tiempo piel-piel (en min)	87,85 ± 11,86	123,46 ± 11,27	78,69 ± 13,06	0,000
Tiempo de isquemia (en min)	94,44 ± 11,49	129,63 ± 11,37	84,63 ± 12,06	0,000

Valores expresados en media y desviación estándar.

CAS: navegación quirúrgica; IC: instrumental convencional; PSI: bloques de corte personalizados.

Nivel de significación p < 0,05.

de Gong et al.²¹ no es consistente respecto a la reducción del tiempo quirúrgico con el uso de bloques de corte personalizados. Diferentes trabajos^{13-16,30,31} indican que se produce una reducción significativa en el consumo de tiempo, cuando la intervención se realiza empleando PSI. Otros autores^{17,18} constatan cierto decremento de la duración de la cirugía sin diferencia estadísticamente significativa entre los casos intervenidos mediante IC y mediante PSI. En un sentido totalmente contrario Hamilton et al.³² publican un estudio prospectivo aleatorizado en el que filman las cirugías para el posterior análisis pormenorizado de 15 pasos secuenciales en la implantación de las prótesis. En su estudio, la implantación de la prótesis mediante PSI consume unos minutos más que cuando se emplea instrumental convencional (61,47 ± 5,48 min frente a 57,27 ± 4,58 min con p 0,006). Hamilton postula como interpretación de sus resultados el hecho de poseer una experiencia de más de 1.500 cirugías con instrumental convencional y solamente de 20 casos con bloques de forma previa al estudio. Chinappa et al.¹⁹ establecen en una serie de 86 casos una reducción del tiempo quirúrgico significativa tras la curva de aprendizaje con 85 ± 11,1 min en los primeros 30 casos frente a 78 ± 8,7 min en los 56 posteriores (p 0,001). Steimle et al.³³ también publican mayor consumo de tiempo no significativo cuando se emplea instrumental personalizado (102,2 ± 13,4 min frente a 99 ± 21,3 min con instrumental convencional y p 0,721). Atendiendo al aspecto económico, Watters et al.³⁴ publican una comparación de costes y eficiencia entre IC, PSI y CAS, desde la perspectiva del proveedor. Afirman que el coste por caso con PSI es mayor que con el convencional, pero menor que con CAS. Ello pese a estimar, respecto a la técnica convencional, una disminución del tiempo quirúrgico de 13 min cuando se emplea instrumental personalizado y un incremento de 39 min cuando se emplea navegación. Por el contrario, Tibesku et al.⁹ aplican un modelo de costes basado en actividades (*Activity*

Based Costing) y determinan que la cirugía protésica de rodilla con instrumental personalizado es económicamente efectiva, siempre que el ahorro de tiempo (estiman 10 minutos en la cirugía y 20 min en la preparación del quirófano) se emplee de manera efectiva para realizar procedimientos adicionales.

En nuestro estudio, hemos observado un decremento medio de 9 minutos al comparar PSI con IC y de 44 minutos al comparar PSI con CAS. La cirugía con CAS implica la captura de diferentes referencias anatómicas para su procesamiento informático y ofrece información en tiempo real, que permite correcciones en las osteotomías, con un obvio consumo de tiempo. Ciertamente, pese a la significación estadística, pueden parecer irrelevantes, pero si tenemos en cuenta uno de los objetivos de la cirugía, como es la obtención de un aFTm postoperatorio de 180 ± 3, podemos afirmar que conseguimos el objetivo (73,4% con IC, 90,2% con CAS y 88,6% con PSI) con menor consumo de tiempo. Nuestra alineación coronal con PSI es comparable a la de otros autores, empleando idéntico sistema (Koch et al.³⁵ 87,6% y Anderl et al.³⁶ 90,4% o Helmy et al.³⁷ 81,4%).

Existen varias limitaciones en nuestro estudio. La principal es el carácter retrospectivo del estudio y la ausencia de aleatorización en los casos intervenidos con cada instrumental. Todas las cirugías han sido realizadas en una única institución por un único cirujano. Es cierto que este factor evita el sesgo de diferencias en técnica quirúrgica entre diferentes cirujanos, pero no es menos cierto que impide que las conclusiones sean fácilmente generalizables. El estudio se ha realizado en un hospital que atiende, en la actualidad, a una población aproximada de 54.500 habitantes. El cirujano ha realizado una media anual de 49 ± 10 cirugías sustitutivas primarias de rodilla en los últimos 10 años. No podemos extrapolar el resultado a instituciones en las que los cirujanos realicen un número muy diferente de cirugías anuales

(instituciones con muy escaso o muy elevado volumen de implantes primarios de rodilla). Además, solamente se ha empleado un tipo de instrumental personalizado (el sistema de bloques de corte *MyKnee®* de Medacta International SA, Castel San Pietro, Suiza), por lo que no debemos extrapolar los resultados a los diferentes dispositivos de otros fabricantes. Podemos concluir que en las condiciones en las que se ha realizado nuestro estudio, el consumo de tiempo para la implantación de una PTR ha sido menor cuando hemos empleado PSI que cuando hemos empleado otros sistemas de instrumentación. Cuantitativamente y respecto al IC el consumo de tiempo no parece ser una ventaja de la instrumentación personalizada. Será necesario ampliar estudios para poder correlacionar la disminución del tiempo quirúrgico con el aprovechamiento del quirófano y con el impacto positivo sobre las relaciones coste-efectividad y coste-eficiencia.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia III.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Insall JN, Easley ME. Cirugía e instrumentación en la artroplastia total de rodilla. En: Insall JN, Scott WN, editores. *Rodilla* (Edición en español de Surgery of the knee, 3rd ed.). Madrid: Marbán Libros; 2004. p. 1553-620.
- Mugnai R, Vitantonio D, Catani F. Applications of computer-assisted surgery (CAS) in total knee arthroplasty (TKA). En: Affatato S, editor. *Surgical Techniques in Total Knee Arthroplasty and Alternative Procedures*. Cambridge: Woodhead Publishing; 2014. p. 183-205.
- Siston RA, Giori NJ, Goodman SB, Delp SL. Surgical navigation for total knee arthroplasty: a perspective. *J Biomech*. 2007;40:728-35, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2007.01.006>.
- Deep K, Shankar S, Mahendra A. Computer assisted navigation in total knee and hip arthroplasty. *SICOT J*. 2017;3:50, <http://dx.doi.org/10.1051/sicotj/2017034>.
- Spencer BA, Mont MA, McGrath MS, Boyd B, Mitrick MF. Initial experience with custom-fit total knee replacement: intra-operative events and long-leg coronal alignment. *Int Orthop*. 2009;33:1571-5, <http://dx.doi.org/10.1007/s00264-008-0693-x>.
- White D, Chelule KL, Seedhom BB. Accuracy of MRI vs CT imaging with particular reference to patient specific templates for total knee replacement surgery. *Int J Med Robot*. 2008;4:224-31, <http://dx.doi.org/10.1002/rcs.201>.
- Santiñá M, Combalía A, Prata A, Suso S, Baños M, Trilla A. Contribución de un programa de calidad asistencial al desarrollo de un Instituto de Gestión Clínica del Aparato Locomotor. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2008;52:199-270.
- Albareda J, Clavel D, Mahulea C, Blanco N, Ezquerro L, Gómez Jet al. ¿Realizamos bien la programación quirúrgica? ¿Cómo podemos mejorarla? *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2017;61:375-82, <http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2017.07.006>.
- Tibesku CO, Hofer P, Portegies W, Ruys CJ, Fennema P. Benefits of using customized instrumentation in total knee arthroplasty: results from an activity-based costing model. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013;133:405-11, <http://dx.doi.org/10.1007/s00402-012-1667-4>.
- Vide J, Freitas TP, Ramos A, Cruz H, Sousa JP. Patient-specific instrumentation in total knee arthroplasty: simpler, faster and more accurate than standard instrumentation - a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25:2616-21, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-015-3869-0>.
- Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 1957;16:494-502.
- Kohn MD, Sassoon AA, Fernando ND. Classifications in Brief: Kellgren-Lawrence Classification of Osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;474:1886-93, <http://dx.doi.org/10.1007/s11999-016-4732-4>.
- MacDessi SJ, Jang B, Harris IA, Wheatley E, Bryant C, Chen DB. A comparison of alignment using patient specific guides, computer navigation and conventional instrumentation in total knee arthroplasty. *Knee*. 2014;21:406-9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.knee.2013.11.004>.
- Bali K1, Walker P, Bruce W. Custom-fit total knee arthroplasty: our initial experience in 32 knees. *J Arthroplasty*. 2012;27:1149-54, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arth.2011.12.006>.
- DeHaan AM, Adams JR, DeHart ML, Huff TW. Patient-specific versus conventional instrumentation for total knee arthroplasty: peri-operative and cost differences. *J Arthroplasty*. 2014;29:2065-9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arth.2014.06.019>.
- Renson L, Poilvache P, Van den Wyngaert H. Improved alignment and operating room efficiency with patient-specific instrumentation for TKA. *Knee*. 2014;21:1216-20, <http://dx.doi.org/10.1016/j.knee.2014.09.008>.
- Abane L, Anract P, Boisgard S, Descamps S, Courpiéd JP, Hamadouche M. A comparison of patient-specific and conventional instrumentation for total knee arthroplasty: a multicentre randomised controlled trial. *Bone Joint J*. 2015;97-B:56-63, <http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.97B1.34440>.
- Nunley RM, Ellison BS, Ruh EL, Williams BM, Foreman K, Ford AD et al. Are patient-specific cutting blocks cost-effective for total knee arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470:889-94, <http://dx.doi.org/10.1007/s11999-011-2221-3>.
- Chinnappa J, Chen DB, Harris IA, MacDessi SJ. Total knee arthroplasty using patient-specific guides: Is there a learning curve? *Knee*. 2015;22:613-7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.knee.2015.03.002>.
- Ast MP, Nam D, Haas SB. Patient-specific instrumentation for total knee arthroplasty: a review. *Orthop Clin North Am*. 2012;43, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jocl.2012.07.004>, e17 e22.
- Gong S, Xu W, Wang R, Wang Z, Wang B, Han L et al. Patient-specific instrumentation improved axial alignment of the femoral component, operative time and perioperative blood loss after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-018-5256-0> [Publicación electrónica].
- Boonen B, Schotanus MG, Kerens B, van der Weegen W, van Drumpt R, Kort NP. Intra-operative results and radiological outcome of conventional and patient-specific surgery in total knee arthroplasty: a multicentre, randomised controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21:2206-12, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-013-2620-y>.
- Chareancholvanich K, Narkbunnam R, Pornrattanamaneewong C. A prospective randomized controlled study of patient-specific cutting guides compared with conventional instrumentation in total knee replacement. *Bone Joint*

- J. 2013;(95-B):354–9, <http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.95B3.29903>.
24. Gan Y, Ding J, Xu Y, Hou C. Accuracy and efficacy of osteotomy in total knee arthroplasty with patient-specific navigational template. *Int J Clin Exp Med*. 2015;8:12192–201.
25. Huijbregts HJ, Khan RJ, Fick DP, Hall MJ, Punwar SA, Sorensen E. Component alignment and clinical outcome following total knee arthroplasty: a randomised controlled trial comparing an intramedullary alignment system with patient-specific instrumentation. *Bone Joint J*. 2016;98-B:1043–9, <http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.98B8.37240>.
26. Maus U, Marques CJ, Scheunemann D, Lampe F, Lazovic D, Hommel H et al. No improvement in reducing outliers in coronal axis alignment with patient-specific instrumentation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018;26:2788–96, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-017-4741-1>.
27. Pietsch M, Djahani O, Zweiger Ch, Plattner F, Radl R, Tschauer Ch et al. Custom-fit minimally invasive total knee arthroplasty: effect on blood loss and early clinical outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21:2234–40, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-012-2284-z>.
28. Woolson ST, Harris AH, Wagner DW, Giori NJ. Component alignment during total knee arthroplasty with use of standard or custom instrumentation: a randomized clinical trial using computed tomography for postoperative alignment measurement. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96:366–72, <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.L.01722>.
29. Yan CH, Chiu KY, Ng FY, Chan PK, Fang CX. Comparison between patient-specific instruments and conventional instruments and computer navigation in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23:3637–45, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-014-3264-2>.
30. Gan Y, Ding J, Xu Y, Hou C. Accuracy and efficacy of osteotomy in total knee arthroplasty with patient-specific navigational template. *Int J Clin Exp Med*. 2015;8:12192–201.
31. Noble JW Jr, Moore CA, Liu N. The value of patient-matched instrumentation in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2012;27:153–5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arth.2011.07.006>.
32. Hamilton WG, Parks NL, Saxena A. Patient-specific instrumentation does not shorten surgical time: a prospective, randomized trial. *J Arthroplasty*. 2013;28 8 Suppl:96–100, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arth.2013.04.049>.
33. Steimle JA, Groover MT, Webb BA, Ceccarelli BJ. Acute Perioperative Comparison of Patient-Specific Instrumentation versus Conventional Instrumentation Utilization during Bilateral Total Knee Arthroplasty. *Surg Res Pract*. 2018;2018:9326459, <http://dx.doi.org/10.1155/2018/9326459>.
34. Watters TS, Mather RC 3rd, Browne JA, Berend KR, Lombardi AV Jr, Bolognesi MP. Analysis of procedure-related costs and proposed benefits of using patient-specific approach in total knee arthroplasty. *J Surg Orthop Adv*. 2011;20:112–6.
35. Koch PP, Müller D, Pisan M, Fucentese SF. Radiographic accuracy in TKA with a CT-based patient-specific cutting block technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21:2200–5, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-013-2625-6>.
36. Anderl W, Pauzenberger L, Kölblinger R, Kiesselbach G, Brandl G, Laky B et al. Patient-specific instrumentation improved mechanical alignment, while early clinical outcome was comparable to conventional instrumentation in TKA. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24:102–11, <http://dx.doi.org/10.1007/s00167-014-3345-2>.
37. Helmy N, Dao Trong ML, Kühnel SP. Accuracy of patient specific cutting blocks in total knee arthroplasty. *Biomed Res Int*. 2014;2014:562919, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/562919>.