

Artículo de revisión

doi: 10.35366/117380

Navegación asistida por ordenador versus cirugía convencional en artroplastía total de rodilla. Una revisión narrativa de la literatura

Computer-assisted navigation in total knee arthroplasty. A narrative review of the literature

Hernández-Vaquero D*

Universidad de Oviedo, Oviedo, Asturias, España.

RESUMEN. La navegación en las artroplastías totales de rodilla ha sido recomendada en los últimos años para facilitar la técnica y mejorar sus resultados. Una extensa literatura la ha comparado con la cirugía convencional, pero su superioridad no ha podido ser demostrada. Ante la abundante bibliografía y disparidad en sus conclusiones se han publicado un buen número de metaanálisis que han intentado resumir y esquematizar los resultados. El autor ha intentado 41 metaanálisis publicados que comparan ambas técnicas. La gran mayoría de ellos se han centrado en la colocación de los implantes y en la restauración de los ejes de la extremidad, lo que demuestra la superioridad de la navegación. Contrariamente, no se han observado diferencias clínicamente valorables al analizar los resultados clínicos y funcionales. No obstante, la navegación permite una visión dinámica de la rodilla, una evaluación objetiva de las partes blandas y ligamentos y es esencial para la alineación funcional como técnica individualizada.

Palabras clave: artroplastía total de rodilla, técnica quirúrgica, cirugía asistida, revisión, análisis.

ABSTRACT. Navigation in total knee arthroplasties has been recommended in recent years to facilitate the technique and improve its results. An extensive literature has compared it with conventional surgery, but its superiority has not been able to be demonstrated. Given the abundant bibliography and disparity in their conclusions, a good number of meta-analyses have been published that have attempted to summarize and schematize the results. We have reviewed 41 published meta-analyses comparing both techniques. Most of them have focused on the placement of implants and the restoration of the axes of the extremity, demonstrating the superiority of navigation. On the contrary, no clinically valuable differences have been observed when analyzing the clinical and functional results. However, navigation allows a dynamic view of the knee, an objective evaluation of the soft tissues and ligaments, and is essential for functional alignment as an individualized technique.

Keywords: total knee arthroplasty, surgical technique, assisted surgery, review, analysis.

Introducción

Aunque está reconocida en la práctica clínica la larga supervivencia y los excelentes resultados que ofrecen las artroplastías totales de rodilla (ATR), no es infrecuente que algu-

nos pacientes refieran dolor, limitación funcional y molestias imprecisas que impiden recuperar su pretendido estado de bienestar y reduce las expectativas tras este procedimiento. En la búsqueda de alternativas que pudieran disminuir estos deficientes resultados, a finales del siglo pasado,¹ surgió la

* Facultad de Medicina, Universidad de Oviedo, Oviedo, Asturias, España.

Correspondencia:

Daniel Hernández-Vaquero
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.
E-mail: danielhvaquero@gmail.com

Recibido: 25-01-2024. Aceptado: 16-03-2024.

Citar como: Hernández-Vaquero D. Navegación asistida por ordenador versus cirugía convencional en artroplastía total de rodilla. Una revisión narrativa de la literatura. Acta Ortop Mex. 2024; 38(5): 321-332. <https://dx.doi.org/10.35366/117380>



navegación quirúrgica o cirugía asistida con ordenador entendiéndose como tal el apoyo técnico que puede prestar la informática en la colocación de los implantes y en la recuperación del eje de la extremidad. A lo largo de los años, se han ido desarrollando los sistemas de navegación, unos precisan de imágenes previas para construir un marco de referencia y otros se basan en la información que aporta el cirujano en el momento de la intervención mediante la palpación de determinadas estructuras óseas. Los sistemas estáticos o de gran consola se han ampliado más recientemente hacia sistemas portátiles y sencillos, también llamados acelerómetros. Los sistemas de navegación pueden ser pasivos o híbridos, dependiendo de la aportación del cirujano y de la complejidad de la técnica. En los sistemas pasivos la navegación sólo aporta información sin que contribuya al acto quirúrgico, en los híbridos el cirujano define previamente y determina la orientación de los bloques de cortes basándose en la información que aporta la pantalla, practicando los cortes óseos al seguir esa recomendación. Los sistemas activos, llamados también robóticos, constituyen a su vez una nueva técnica que pretende personalizar la acción del cirujano a través de órdenes programadas. En estos sistemas activos el brazo robótico decide la orientación y la posición de los bloques realizando los cortes de manera autónoma.

Existe controversia sobre la verdadera utilidad y costo-eficiencia de la navegación. Por una parte, se ha demostrado que la navegación disminuye la frecuencia de readmisiones tras la cirugía en comparación con el procedimiento convencional y de hecho es la técnica más utilizada dentro de las ayudas tecnológicas en las ATR;² pero, por otra parte, una intervención con cirugía estándar y componentes protésicos convencionales ofrece en general buenos resultados clínicos sin que se hayan demostrado grandes diferencias al introducir otras novedades.³

Se ha publicado una amplia literatura describiendo la técnica, las indicaciones, los resultados y las ventajas de la

cirugía navegada sobre la convencional en las ATR. Un análisis realizado por el autor hace unos meses, introduciendo como términos de búsqueda «Total Knee Arthroplasty» y «Navigation», la base de datos PubMed ofreció 1,766 artículos mientras que en la base *Web of Science* fueron 2,189, siendo más numerosos los aparecidos entre los años 2011 y 2022 (*Figura 1*). Con las mismas palabras de búsqueda se revisó igualmente el Registro Central Cochrane de Ensayos Controlados (www.cochranelibrary.com) apareciendo 277 ensayos clínicos, sobre todo procedentes de los años 2016 y 2017 (*Figura 2*). A partir de esta amplia bibliografía se han realizado un buen número de metaanálisis y revisiones sistemáticas intentando esclarecer las ventajas de una sobre otra técnica y así poder situar en su verdadero lugar a la navegación y confirmar su utilidad en la práctica clínica. Las revisiones sistemáticas y consecuentemente los metaanálisis, definidos como el análisis o revisión de un tema concreto llevado a cabo de tal manera que el riesgo de sesgos sea el menor posible, constituyen métodos fundamentales de las prácticas basadas en evidencias. No es frecuente en cirugía ortopédica la realización de metaanálisis, esto se debe seguramente a que en este tipo de cirugía es muy difícil encontrar grupos homogéneos, con revisiones a largo plazo y sujetos a evaluaciones bien definidas.

Nuestra revisión bibliográfica tiene como objetivo general comparar los resultados entre la cirugía con navegación y la cirugía convencional en ATR analizando las revisiones sistemáticas y los metaanálisis publicados hasta la fecha. Por cada uno de ellos se recogió el año de publicación, el número de artículos revisados, las bases de datos de donde se extrajeron los artículos, el período de tiempo analizado y el número total de casos sumando los trabajos que constituyen el soporte de cada estudio. Como objetivos especiales se analizaron las diferencias en el alineamiento de la extremidad tras la artroplastía mediante el eje mecánico, la posición de los componentes femoral y tibial, el tiempo de cirugía, la pérdida sanguínea, el nivel del dolor, las complicaciones intra o postoperatorias y los resultados clínicos y funcionales valorados según las escalas reconocidas para evaluar este procedimiento.

Estrategias de búsqueda y criterios de selección

El autor ha revisado 41 metaanálisis y revisiones sistemáticas publicadas hasta Diciembre del año 2023 sobre cirugía navegada comparada con cirugía convencional en ATR. Se revisaron manualmente las bases de datos EMBASE (*Excerpta Medica Data Base, Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands*), *Web of Science* (Clarivate, Londres, UK) que recoge el *Journal Impact Factor* y publica anualmente el *Journal Citation Reports*, PubMed central/Medline (National Library of Medicine, Bethesda, USA) y Cochrane Library (Cochrane, Londres, UK). La búsqueda se realizó atendiendo a las palabras «meta-analysis» OR/AND «systematic review», «total knee replacement» OR/AND «total knee arthroplasty», «navigation», OR/AND «computer as-

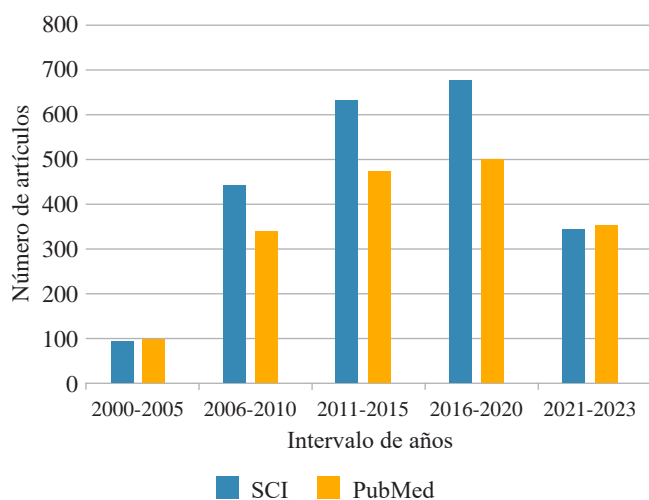


Figura 1: Artículos publicados sobre navegación y artroplastías totales de rodilla en PubMed y SCI.

SCI = *Science Citation Index*.

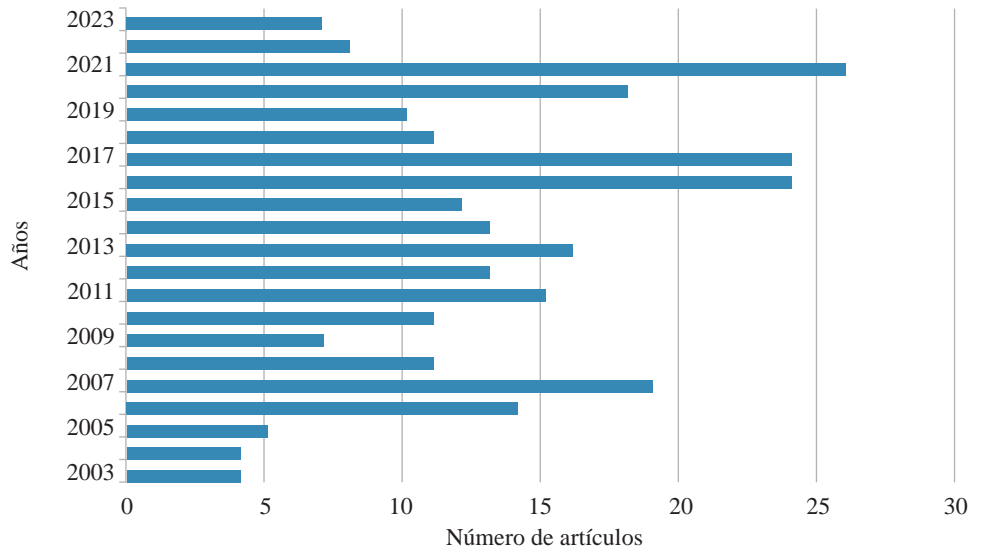


Figura 2:

Artículos sobre navegación en artroplastías totales de rodilla recogidos en el Registro Central Cochrane de Ensayos Controlados.

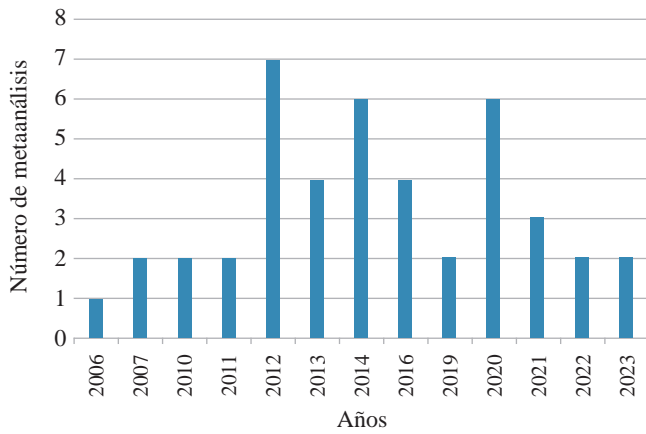


Figura 3: Metaanálisis publicados por año sobre navegación y artroplastías totales de rodilla.

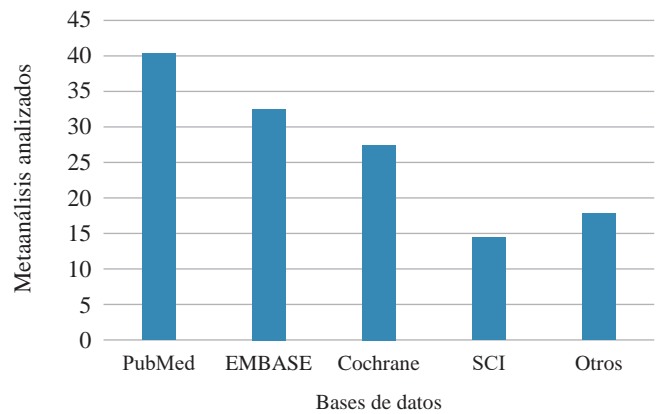


Figura 4: Metaanálisis analizados según las bases de datos consultadas. EMBASE = Excerpta Medica Data Base, Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands. SCI = Science Citation Index.

sisted surgery» que aparecían en el título del artículo o en las palabras clave. Los metaanálisis analizados fueron publicados mayoritariamente en los años 2012, 2014 y 2020 (Figura 3) y estaban escritos sobre todo en lengua inglesa y sólo algunos pocos en alemán u otros idiomas. Los metaanálisis se dividieron en tres grupos ordenados por orden cronológico de publicación: metaanálisis donde se analizaban exclusivamente la alineación de la extremidad y la posición de los componentes (Tabla 1), metaanálisis donde se analizaban diversos aspectos, incluidas complicaciones y técnica quirúrgica (Tabla 2) y otro grupo donde se encuadraron los resultados clínicos y/o funcionales (Tabla 3).

Resultados

Características principales de los estudios incluidos

La base de datos más utilizada para seleccionar los estudios que se analizaban en los metaanálisis fue PubMed,

lo que sucedió en 40 de ellos y en menor medida en EMBASE, antigua Excerpta Medica, en Cochrane y en *Web of Science*. En 18 casos se usaron otras bases de datos sobre todo Scopus (Figura 4). Llama la atención la escasa presencia de Google Scholar que sólo fue citada en dos casos. La media de artículos revisados en cada metaanálisis fue de 21.5 con un mínimo de cinco y un máximo de 52. El período de tiempo analizado en cada metaanálisis osciló mayoritariamente entre los cinco y 10 años. El número de pacientes que incluía cada metaanálisis fue muy variable, se situaba sobre todo entre los 1,000 y 5,000, siendo el menor de 449 casos.

Los trabajos fueron analizados basándose en el acrónimo PICO que se utiliza en las revisiones sistemáticas: (P) Participantes: metaanálisis y revisiones sistemáticas publicados; (I) Intervención: cirugía navegada vs cirugía convencional en ATR; (C) Comparador: sin restricciones y (O) *Outcome*: objetivos definidos en el planteamiento de cada estudio.

Tabla 1: Metaanálisis que valoran exclusivamente la alineación y posición de los componentes.

Autor	Año	Bases datos consultadas	Años analizados	Número		Variables analizadas	Hallazgos principales
				Artículos	Pacientes		
Masson, et al. ⁴	2007	PMC	1990-2007	29	3,437	Alineación de extremidad y posición de componentes	Mejoría en alineación de la extremidad y en posición de los componentes
Novicoff, et al. ⁵	2010	PMC	1990-2008	22	2,308	Alineación de la extremidad y posición de componentes	Mejoría de la alineación de la extremidad. Mejor posición de los componentes
Cheng, et al. ⁶	2011	PMC, EMBASE, WoS, Cochrane	2004-2010	40	5,202	Alineación de la extremidad. Posición de los componentes	Mejor alineación de la extremidad. Mejor posición de componentes en proyecciones sagital y coronal, pero no diferencias en cuanto al eje rotacional del componente tibial
Hetaimish, et al. ⁷	2012	PMC, Cochrane, EMBASE	1986-2009	23	2,541	Alineación de extremidad y posición de componentes	Reduce riesgo de malalineamiento de extremidad y mejora la posición de los componentes
Cheng, et al. ⁸	2012	PMC, EMBASE, WoS, Springer, Ovid, Scopus, Cochrane	2003-2011	41	4,286	Alineación de extremidad y posición de componentes	Reducción de malalineamientos. Mejor posición de componentes
Fu, et al. ⁹	2012	PMC, EMBASE, Cochrane	2000-2010	21	2,414	Alineación de extremidad y posición de componentes	Mayor seguridad para la colocación y posición de los implantes
Kuzyk, et al. ¹⁰	2012	PMC, EMBASE, J Arthroplasty, JBJS Br, Clin Orthop	1990-2010	10	1,180	Alineamiento sagital del componente tibial	Mejora la precisión en la colocación del componente tibial, pero no reduce los «outliers»
Thienpont, et al. ¹¹	2013	PMC	2006-2012	10	28,763	Alineación de la extremidad y posición de componentes	Menor frecuencia de «outliers» en la alineación de la extremidad y en la posición de implantes
Meijer, et al. ¹²	2014	PMC, EMBASE	1991-2013	17	1,163	Posición rotacional de componentes femoral y tibial	No mejoría de la posición rotacional de los componentes
Zeng-liang, et al. ¹³	2014	PMC, EMBASE, Cochrane, WoS	2004-2011	19	3,392	Alineamiento de los componentes y de la extremidad	Mejor alineación de extremidad, mejor posición de los componentes
Tandogan, et al. ¹⁴	2022	PMC, EMBASE, Cochrane	2007-2020	9	849	Alineamiento rotacional del componente tibial	Mejora la posición del componente tibial en relación con la planificación preoperatoria

EMBASE = *Excerpta Medica Data Base, Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands*. PMC = PubMed. WoS = *Web of Science*.

Tabla 2: Metaanálisis comparando diversas variables entre cirugía con navegación y cirugía estándar.

Autor	Año	Bases datos consultadas	Años analizados	Número		Variables analizadas	Hallazgos principales
				Artículos	Pacientes		
Bäthis, et al. ¹⁵	2006	PMC	2001-2005	13	1,784	Alineación de la extremidad, tiempo de cirugía	Mejoría de la alineación de la extremidad, mayor tiempo de cirugía
Bauwens, et al. ¹⁶	2007	PMC, EMBASE, WoS, Cochrane	1986-2006	33	3,423	Alineación de la extremidad, tiempo de cirugía	Menor riesgo de mal alineación $\geq 3^\circ$, mayor tiempo de cirugía
Li, et al. ¹⁷	2010	PMC, Cochrane, EMBASE, NRR, CBM	1970-2009	18	2,349	Eje mecánico de la extremidad, tiempo de cirugía, complicaciones, volumen de hemorragia, KSS, Oxford Knee	Mejoría del eje mecánico de la extremidad, mayor tiempo de cirugía, no diferencia en complicaciones, hemorragias, movilidad, ni en KSS o Oxford Knee
Brin, et al. ¹⁸	2011	PMC, EMBASE, WoS, Scopus, Cochrane	2000-2008	23	4,063	Alineación de la extremidad y posición de los componentes, tiempo de cirugía	Reduce «outliers» en 80% en cuanto al eje mecánico y posición coronal de los componentes, mayor tiempo de cirugía
Burnett, et al. ¹⁹	2013	PMC	2003-2011	19	2,240	Alineamiento coronal y axial, tiempo de quirófano, costes, complicaciones, satisfacción, resultados clínicos	Mejoría en alineamiento coronal, evita «outliers», aumento de tiempo quirúrgico, mayores complicaciones en navegación (fracturas), no diferencias en otros parámetros
Zamora, et al. ²⁰	2013	AusHealth, CINAHL, Cochrane, EMBASE, PMC, WoS	2004-2012	30	2,747	Alineamiento de la extremidad, resultados clínicos	Mejoría en alineamiento, no diferencias en resultados clínicos
Bing-gen, et al. ²¹	2014	PMC, Ovid, Elsevier, China <i>National Knowledge Infrastructures</i> , Digital Library	2005-2013	16	2,621	Alineamiento de extremidad, posición de implante, resultados clínicos	Menor riesgo de malposición de componentes, se necesita más información para evaluar la diferencia en los resultados clínicos
Moskal, et al. ²²	2014		2009-2013	22	7,151	Alineamiento de extremidad, posición de los componentes, complicaciones, pérdida sanguínea, tiempo de cirugía, KSS y WOMAC	Mejor alineación, mejor posición de componentes, mejores resultados clínicos y funcionales, menos complicaciones, menor pérdida sanguínea, más tiempo quirúrgico
Rebal, et al. ²³	2014	PMC, EMBASE, Scopus, Cochrane	2004-2012	21	1,713	Alineamiento frontal y coronal, KSS, WOMAC, SF 12, SF 36	Aumenta la precisión y seguridad en el eje mecánico, mejoría en resultados funcionales
Shi, et al. ²⁴	2014	PMC, EMBASE WoS, Cochrane	2002-2012	15	2,089	Alineamiento de extremidad, tiempo de quirófano, complicaciones	Menos «outliers» en eje mecánico, menor número de complicaciones, aumento de tiempo de cirugía

Continúa Tabla 2: Metaanálisis comparando diversas variables entre cirugía con navegación y cirugía estándar.

Autor	Año	Bases datos consultadas	Años analizados	Número		Variables analizadas	Hallazgos principales
				Artículos	Pacientes		
Alcelik, et al. ²⁵	2016	PMC, Cochrane, EMBASE	1996-2015	10	993	Alineamiento de la extremidad, posición de los componentes, tiempo cirugía, flexión de rodilla, KSS a los 6 meses	Menos errores en eje mecánico, mayor tiempo cirugía, no diferencia en flexión rodilla, no diferencias en KSS, no diferencias en posición de componente femoral, mejor posición del componente tibial
Han, et al. ²⁶	2016	Cochrane, EMBASE, PMC, Korea-Med	2005-2015	12	1,648	Cifras de Hg antes y después de operación, pérdida de sangre postoperatoria, necesidad de transfusión sanguínea	Mejores cifras de Hg y menor pérdida de sangre. No diferencias en necesidad de transfusión
Shin, et al. ²⁷	2016	PMC, EMBASE, Cochrane, KoreaMed	2005-2014	5	449	Eje coronal mecánico, posición componente femoral, tiempo de cirugía, longitud incisión, movilidad de la rodilla, KSS	No diferencias en eje coronal, mayor longitud de incisión, mayor flexión de rodilla, mejores resultados clínicos precoces en KSS
Rhee, et al. ²⁸	2019	PMC, EMBASE, Cochrane	2012-2018	9	2,695	Alineamiento de extremidad y posición de componentes. WOMAC y KSS. Supervivencia del implante	No diferencias en alineación de eje extremidad, mejoría en posición sagital componente femoral, no diferencias en escalas de función ni en supervivencia
Bouche, et al. ²⁹	2020	PMC, EMBASE, JBJS, J Arthroplasty, Clin Orthop	2005-2018	52	9,389	Tiempo de cirugía, complicaciones, alineamiento eje, posición de componentes, KSS y WOMAC	Mayor tiempo de cirugía, menor riesgo de malalineamiento del eje, mejor posición componentes. No diferencias en KSS ni en WOMAC
Gao, et al. ³⁰	2020		2008-2018	34	7,289	Seguridad en posición radiológica, evolución clínica	Mejor posición radiológica de los implantes, no diferencia en resultados clínicos
Lee, et al. ³¹	2020	PMC, EMBASE, Cochrane, WoS, Scopus	2012-2018	7	2,080	Alineamiento extremidad, resultados clínicos y funcionales, KSS, WOMAC, Osteoarthritis Index, dolor, Movilidad	No diferencias en alineamiento de extremidad. No diferencia en resultados clínicos. No diferencia en dolor ni en movilidad de la rodilla
Matar, et al. ³	2020	Cochrane, Ovid PMC, EMBASE	2003-2017	50	5,936	Alineamiento extremidad, resultados clínicos	Mejor alineación radiológica de extremidad. No diferencia en resultados clínicos
Zhao, et al. ³²	2020	EMBASE, PMC, Cochrane, WoS	2011-2019	6	2,196	Alineamiento extremidad, posición componentes, KSS y WOMAC, movilidad rodilla, complicaciones	Mejora la alineación de extremidad y posición de componentes. No diferencias en resultados clínicos ni en movilidad o complicaciones

Continúa Tabla 2: Metaanálisis comparando diversas variables entre cirugía con navegación y cirugía estándar.

Autor	Año	Bases datos consultadas	Años analizados	Número		Variables analizadas	Hallazgos principales
				Artículos	Pacientes		
Madani-pour, et al. ³³	2021	PMC, EMBASE, Ovid, Google Scholar, Cochrane	2015-2019	9	92,309	Frecuencia de cirugía de revisión, infección, lesiones neurológicas, necesidad de transfusión, trombosis, tiempo de cirugía, resultados funcionales	No diferencia en ningún parámetro
Lei, et al. ³⁴	2022	PMC, EMBASE, Cochrane	2003-2019	38	6,670	Alineamiento extremidad, posición componentes, KSS	Menor malalineamiento del eje extremidad. Mejor posición de los componentes. No diferencias en resultados clínicos
Luan, et al. ³⁵	2023	WoS, EMBASE, PMC, Cochrane	2013-2022	23	2,548	Resultados clínicos, posición de componentes	Menos malposición de componentes. No diferencia en resultados clínicos

CBM = Chinese Biomedical Database. CINAHL = Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature. EMBASE = Excerpta Medica Data Base, Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands. KSS = Knee Society Score. NRR = National Research Register. PMC = PubMed Central. WOMAC = Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index. WoS = Web of Science.

Alineamiento de la extremidad tras la ATR y posición de los componentes

En 30 metaanálisis se analizó el eje de la extremidad y la posición de la artroplastía entre otros parámetros. En 25 la navegación mejoraba el eje y la posición de los componentes, en tres no había diferencias, en uno sólo se redujeron los «outliers» y en otro más no se encontraron diferencias entre ambas técnicas. En 11 metaanálisis se estudiaron exclusivamente estos parámetros (Tabla 1). De ellos, en nueve^{4,5,7,8,9,10,11,13,14} se obtuvo una clara mejoría con la navegación al compararla con la técnica estándar, pero en dos^{6,12} no se consiguió una mejor posición rotacional de los componentes. Según nuestra revisión la navegación mejora el eje mecánico de la extremidad y la posición de los componentes femoral y tibial, aunque no es uniforme en la mejoría de su posición rotacional.

Tiempo de cirugía

En 10 metaanálisis^{15,16,17,18,19,22,24,25,29,33} se estudió el tiempo invertido en el implante de la ATR. En todos los metaanálisis la navegación aumentó el tiempo de cirugía que osciló entre los 17 y 32 minutos; esta última demora sucedió cuando se asociaron técnicas de mínima invasión a la navegación (Tabla 2).

Pérdida sanguínea

Este factor fue analizado en cuatro metaanálisis.^{17,22,26,33} No se encontraron diferencias en dos^{17,33} y fue menor en dos metaanálisis^{22,26} cuando se utilizó la navegación (Tabla 2).

Nivel de dolor

Se analizó en un metaanálisis³¹ el nivel de dolor postoperatorio (Tabla 2). No se encontraron diferencias, aunque fue más frecuente el uso de opiáceos en la técnica convencional.

Complicaciones intra y postoperatorias

Seis metaanálisis se detuvieron en la comparación de las complicaciones^{17,19,22,24,29,32} (Tabla 2). En tres no encontraron diferencias,^{17,29,32} en dos hay menos complicaciones con la navegación^{22,24} y en otro hay más en la navegación,¹⁹ que se relaciona con fracturas secundarias a la implantación de los pines de sujeción de los emisores.

Resultados clínicos y funcionales

En los metaanálisis revisados, las escalas utilizadas fueron sobre todo la KSS (Knee Society Score), WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) y en menor frecuencia la HSS (Hospital for Special Surgery Knee-Rating Scale). No hay concordancia entre los resultados obtenidos con la navegación y con la cirugía estándar. En muchos de ellos no se encuentran diferencias y en otros hay una cierta mejoría con la navegación, pero los propios autores manifiestan sus dudas en cuanto a que una mínima mejoría pueda ser trascendente para la práctica clínica. Analizamos especialmente ocho metaanálisis^{36,37,38,39,40,41,42,43} en los que el estudio se centró en los resultados clínicos y funcionales (Tabla 3).

En cuatro de ellos no se obtuvieron diferencias entre cirugía con navegación y cirugía estándar,^{36,37,38,43} mientras que en los otros cuatro^{39,40,41,42} se obtuvo mejoría de manera irregular con la navegación. Un metaanálisis³² analizó estudios con casos bilaterales en los que se implantó la ATR en una extremidad con navegación y en la otra con cirugía convencional. La mejoría con la navegación fue evidente en cuanto a la obtención del eje mecánico de la extremidad, pero no se encontraron diferencias en los resultados funcionales ni en la frecuencia de cirugía de revisión entre ambas rodillas.

Algunos metaanálisis se detienen en otros factores no relacionados con los objetivos de nuestra revisión. Uno de ellos³³ estudió las diferencias entre cirujanos expertos y cirujanos en formación utilizando la navegación en ATR. Analizaron el tiempo de cirugía, las complicaciones, infección, transfusión sanguínea y resultados funcionales, no se encontraron diferencias excepto una menor puntuación en la evaluación funcional, pero sin repercusión clínica en los cirujanos en formación. Otro metaanálisis²⁵ estudió el efecto de la navegación en la cirugía de

mínima invasión hallando que la navegación mejora la posición de los componentes, pero sin percibir diferencia en los resultados clínicos.

Discusión

Una de las causas de la mejor evolución y resultados de las actuales ATR es la utilización de instrumentales que facilitan una correcta colocación de los componentes en cuanto a su posición y al eje resultante de la extremidad. Por tanto, si alguna técnica puede ayudar en este sentido, su validez y utilidad estaría confirmada, utilidad que sería aún mayor si pudiera aportar información sobre la situación ligamentosa de la rodilla. La navegación fue inicialmente diseñada para mejorar la precisión en los cortes óseos y asegurar la reconstrucción del eje de la pierna y una mejor posición del implante.⁴⁴ En los primeros años la reconstrucción del eje neutro de la pierna fue aceptado como una de las principales ventajas de esta técnica. Más recientemente se ha observado una clara tendencia hacia la individualización de la alineación⁴⁵ y con este propósito la navegación ha recuperado un

Tabla 3: Metaanálisis que valoran exclusivamente los resultados clínicos y funcionales.

Autor	Año	Bases datos consultadas	Años analizados	Número		Variables analizadas	Hallazgos principales
				Artículos	Pacientes		
Cheng, et al. ³⁶	2012	PMC, EMBASE, Cochrane, WoS	1995-2009	21	2,333	KSS	No hay diferencias en resultados clínicos
Xie, et al. ³⁷	2012	PMC, Cochrane, EMBASE	1984-2011	21	3,407	KSS, movilidad rodilla	No diferencias. No mejora los resultados clínicos
Van der List, et al. ³⁸	2016	PMC, EMBASE, Cochrane	2000-2016	28	3,504	Resultados clínicos. KSS	No diferencias en KSS. Mejor control de tejidos blandos
Panjwani, et al. ³⁹	2019	PMC, EMBASE, ClinicalTrials UK, Opengrey	2007-2018	18	3,060	WOMAC y KSS	Mejores resultados en escalas funcionales en estudios con evolución de 5 a 8 años
Ayekoloye, et al. ⁴⁰	2020	PMC, Cochrane, EMBASE, Scopus, WoS	1997-2015	11	2,206	KSS, WOMAC, Oxford Knee y HSS	Mejoría modesta en resultados funcionales a medio plazo
Chin, et al. ⁴¹	2021	PMC, EMBASE, Cochrane	2004-2019	24	3,778	Resultados funcionales en KSS y WOMAC, movilidad rodilla	Mejores resultados funcionales en escala KSS. No diferencias en otros parámetros
Plaskos, et al. ⁴²	2021	PMC	2007-2019	22	4,009	KSS, HSS, WOMAC y Oxford Knee	Mejoría en las escalas utilizadas con similares resultados que la cirugía robótica
Kim, et al. ⁴³	2023	PMC, EBSCO, Google Scholar	2005-2021	5	667	Dolor postoperatorio en KSS y escala analógica visual, uso de opiáceos	No diferencias en nivel de dolor entre técnica manual y navegación. Mayor uso de opioides en la técnica manual

EMBASE = Excerpta Medica Data Base, Elsevier B.V., Amsterdam, The Netherlands. KSS = *Knee Society Score*. PMC = PubMed. WOMAC = *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*. WoS = *Web of Science*.

lugar predominante junto con la robótica. Ambas valoran el entorno individual de la rodilla acrecentando su utilidad clínica, ya que por una parte son técnicas dinámicas que evalúan el balance ligamentoso en todo el arco del movimiento, y por otra, visibilizan y certifican el resultado de las liberaciones de las partes blandas.

En contraste con estas ventajas no se ha demostrado que las ATR implantadas con navegación ofrezcan mejores resultados clínicos y funcionales. Es cierto que los datos de varios registros de implantes muestran tasas de revisión significativamente más bajas cuando se utiliza la navegación y que, incluso en ATR bilaterales, disminuye la estancia media, los reingresos y las complicaciones,⁴⁶ pero en estudios comparativos a mediano plazo no ha podido demostrarse sólidamente una mejoría en las escalas de dolor y función.⁴⁷ Es posible que la alineación postoperatoria no sea tan importante factor predictivo de resultados como se creía antes, ya que malalineaciones de pocos grados no suponen un deterioro clínico, posiblemente por la utilización actual de mejores polietilenos que soportan mejor una asimetría de cargas sin sufrir graves deterioros. Por otra parte, no conocemos aún los resultados de la navegación con los nuevos sistemas en los que la situación ligamentosa es mejor valorada ni cuál es la evolución a largo plazo de las ATR implantadas con alineación individualizada (alineamiento funcional) que sólo puede realizarse con navegación.⁴⁵

La novedad de la técnica de navegación a principios de este siglo, el predominio de la informática en todos los aspectos de la vida, la presión comercial y hasta una cierta «moda» han propiciado una avalancha de publicaciones comparando navegación y cirugía estándar en las ATR. La gran cantidad y la dispersión de la literatura publicada ha supuesto un exceso de información y por supuesto de confusión que abrumba al clínico e impide tomar decisiones con una base científica consistente. Esta imposibilidad ha forzado la introducción de estudios en forma de revisiones narrativas o cualitativas que intenten resumir de manera ordenada todo lo conocido y publicado como se ha hecho en nuestro trabajo. Nuestra revisión se basa exclusivamente en metaanálisis y revisiones sistemáticas, técnicas metodológicas que se consideran de elevado nivel de evidencias.⁴⁸

El autor ha encontrado una gran disparidad en cuanto a la calidad de los metaanálisis que se han analizado. Unos hacen revisiones sistemáticas de estudios con alto nivel de evidencia, pero otros mezclan estudios de diferente calidad y, lo que a veces es peor, no especifican la calidad de éstos. Algunos no hacen mención a la metodología empleada ni si han sido registrados en PROSPERO. El período de recogida de los artículos suele ser pequeño y menos aún el tiempo de revisión de los pacientes, no se diferencian los casos según grado de deformidad, lo que es un dato esencial en la evolución de las ATR. Las escalas de valoración de los resultados clínicos son variadas y sin uniformidad en las puntuaciones y las conclusiones, en algunos casos, no son determinantes y no confirman la superioridad de una u otra técnica culminando el artículo con divagaciones poco concisas.

Se aprecia en primer lugar la gran frecuencia de los estudios que centran sus objetivos en la mejoría de la alineación y de la posición de los componentes protésicos. En este aspecto hay una práctica uniformidad sobre la utilidad de la navegación, sobre todo en cuanto a la eliminación de «outliers» y grandes errores en la posición de la artroplastía. De los 32 metaanálisis en los que se revisó el eje de la extremidad y la posición de los componentes se observó que en 27 la navegación era superior. En 11 metaanálisis donde se analizó exclusivamente este dato (*Tabla 1*), el resultado es el mismo. Parece superfluo que desde 2007 se sucedan los estudios comparativos en este aspecto sin añadir nuevos parámetros ni hallazgos, lo que contribuye a la plétora de este tipo de publicaciones. En cuanto al tiempo de cirugía, los resultados de los metaanálisis también son homogéneos: la navegación aumentó este tiempo, que fue aún mayor si se había utilizado cirugía mínimamente invasiva. Sobre todo, en la curva de aprendizaje esta demora es explicable, aunque nuestra experiencia personal demuestra que este tiempo en exceso es mínimo si se dispone de personal entrenado. Por otra parte, esta demora no supone un mayor riesgo de infección según un reciente estudio.⁴⁹ La pérdida sanguínea se analizó en tres metaanálisis. O bien no hubo diferencias o incluso fue menor en la navegación, seguramente debido a la innecesaria introducción de guías femorales como sucede en la instrumentación estándar. El dolor postoperatorio sólo ha sido analizado en un metaanálisis donde se apreció un menor uso de opiáceos en la cirugía navegada, posiblemente debido a la menor agresividad quirúrgica. Las fracturas periprotésicas originadas por los pines de sujeción de los marcadores en la navegación no son frecuentes, pero son complicaciones deplorables que alteran muy significativamente la evolución de estos pacientes. Se presentan más en la diáfisis femoral, en mujeres y en personas obesas y se creen relacionados o bien con el grosor de los orificios o con su defectuosa colocación en zona transcortical.^{50,51}

Si analizamos los metaanálisis que principalmente se centraron en la evolución clínica (*Tabla 3*) se observa que en cuatro no se obtuvieron diferencias entre cirugía navegada y estándar y en otros cuatro sólo se obtuvo una ligera e irregular mejoría a favor de la navegación. Si consideramos que el efecto clínico y funcional es la consecuencia definitiva para evaluar una técnica quirúrgica, la navegación no parece mejorar de manera determinante la evolución tras este procedimiento y eso explicaría un cierto desánimo en sus defensores.⁵²

La impresión final que ha extraído el autor en este trabajo de revisión es que tan elevado número y discordante calidad de los metaanálisis sobre la navegación en las ATR reducen el valor de este método. Es posible que la aparición de tantos metaanálisis se deba a que no son difíciles de realizar metodológicamente a partir de programas específicos, son muy bien recibidos en la literatura con una fácil y rápida publicación y rodean a los autores de una cierta autoridad en la materia. Esta avalancha de metaanálisis con los mismos o parecidos objetivos y con resultados a veces variable, en vez

de clarificar el tema lo hace aún más confuso. Aunque los metaanálisis y las revisiones sistemáticas siguen ocupando un elevado puesto entre los niveles de evidencia, la experiencia del autor indica que deben ser desmitificados, ya que la arbitrariedad que el autor observa en muchos de ellos resta credibilidad a sus hallazgos. Sería bueno que, como ya aparece en el título de algunas revisiones sistemáticas, se expresara el nivel de evidencia de los artículos recogidos y así el lector sabría la fortaleza metodológica de la revisión.

Por otra parte, se acusa a los metaanálisis de combinar resultados más o menos homogéneos para producir un efecto «promedio» que al clínico le resulta de poca utilidad, ya que su interés está más cerca de un paciente concreto y de su tratamiento más adecuado. Ante la dudosa e inconsistente utilidad de los metaanálisis en la navegación de las ATR se ha recomendado introducir el índice de fragilidad. Para añadir fortaleza y revertir su falta de significancia estadística se ha recomendado la realización de este índice que se define como el número mínimo de resultados de un ensayo que necesitarían cambiarse para revertir la significación estadística. Se cree que los hallazgos de este tipo de estudios pueden proporcionar a los lectores una medida de confianza en la neutralidad de los resultados.⁵³

Limitaciones de nuestro estudio

Nuestra revisión bibliográfica tiene algunas limitaciones. La principal es la posibilidad de no haber evaluado en su totalidad los metaanálisis publicados en este tema. Aunque se revisaron las bases de datos más habituales, es posible que algún metaanálisis o revisiones sistemáticas no haya sido analizado. Otro grupo de sesgos viene determinado por la deficiente selección de los estudios, derivado del predominio de algunos idiomas y de que no se publican todos los ensayos clínicos realmente realizados que obtuvieron resultados negativos o no esperados. No hemos realizado una selección de metaanálisis atendiendo a su calidad, pues, como antes referíamos, esta carencia es común en muchos de los estudios analizados. De hecho, la mayor incertidumbre surge de la posible heterogeneidad entre los estudios incluidos.⁴⁹

Conclusiones

Mediante la revisión de los metaanálisis y las revisiones sistemáticas publicadas no puede deducirse que la navegación mejore los resultados clínicos y funcionales de la ATR. No obstante, la navegación ha mostrado su utilidad sobre todo en la reconstrucción del eje de la extremidad y en la colocación de los implantes. La posibilidad de conocer el balance ligamentoso en todo el arco de movilidad y la valoración dinámica del funcionamiento de una ATR en un determinado individuo de manera personalizada, hacen que esta técnica siga teniendo interés. A ello puede añadirse la disminución de errores groseros en los cortes óseos, sobre todo en grandes deformidades, la posibilidad de utilizarla cuando permanece material de osteosíntesis, su utilidad como siste-

ma de formación de especialistas y técnica de simulación, aumentar la comprensión de la fisiología y funcionamiento de la rodilla, la introducción de la informática como ayuda quirúrgica y el valor legal que tiene una técnica que anota y archiva los gestos ocurridos durante toda la intervención. Su mayor ventaja es que analiza la técnica que se realiza de manera dinámica en todo el rango de movimiento, comprobando inmediatamente el efecto de los gestos quirúrgicos y pudiendo rehacerlos si es preciso, hecho que ninguna de las otras técnicas puede efectuar. Los defensores del alineamiento personalizado o individualizado, llamado funcional, al contrario del mecánico o cinemático, defienden el concepto de que cada rodilla es única, que es esencial mantener el balance ligamentoso que tenía la rodilla nativa y sólo la ayuda con la navegación o la robótica permitiría una correcta colocación del implante. Si efectivamente se comprobaran unos mejores resultados con este alineamiento funcional, la navegación ocuparía un lugar esencial en el arsenal quirúrgico de las ATR, lugar que hoy parece estar perdiendo. Con las publicaciones disponibles hoy en día y para los casos comunes de ATR no parece que la navegación aporte otras ventajas que no sea eliminar defectos groseros en la técnica quirúrgica y favorecer una mejor colocación de la artroplastia.

Referencias

1. Delp SL, Stulberg SD, Davies B, Picard F, Leitner F. Computer assisted knee replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 1998; 354: 49-56. Available in: <https://doi.org/10.1097/00003086-199809000-00007>
2. Bendich I, Kapadia M, Alpaugh K, Diane A, Vigdorchik J, Westrich G. Trends of utilization and 90-day complication rates for computer-assisted navigation and robotic assistance for total knee arthroplasty in the united states from 2010 to 2018. *Arthroplasty Today.* 2021; 11: 134-9.
3. Matar HE, Platt SR, Gollish JD, Cameron HU. Overview of randomized controlled trials in total knee arthroplasty (47,675 patients): what have we learnt? *J Arthroplasty.* 2020; 35: 1729-36. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2020.01.065>
4. Mason JB, Fehring TK, Estok R, Banel D, Fahrbach K. Meta-analysis of alignment outcomes in computer-assisted total knee arthroplasty surgery. *J Arthroplasty.* 2007; 22: 1097-106. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2007.08.001>
5. Novicoff WM, Saleh KJ, Mihalko WM, Wang XQ, Knaebel HP. Primary total knee arthroplasty: a comparison of computer-assisted and manual techniques. *Instr Course Lect.* 2010; 59: 109-17.
6. Cheng T, Zhang G, Zhang X. Imageless navigation system does not improve component rotational alignment in total knee arthroplasty. *J Surg Res.* 2011; 171: 590-600. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2010.05.006>
7. Hetaimish BM, Khan MM, Simunovic N, Al-Harbi HH, Bhandari M, Zalzal PK. Meta-analysis of navigation vs conventional total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2012; 27: 1177-82. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.12.028>
8. Cheng T, Zhao S, Peng X, Zhang X. Does computer-assisted surgery improve postoperative leg alignment and implant positioning following total knee arthroplasty? A meta-analysis of randomized controlled trials? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20: 1307-22. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1588-8>
9. Fu Y, Wang M, Liu Y, Fu Q. Alignment outcomes in navigated total knee arthroplasty: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012; 20: 1075-82. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-011-1695-6>

10. Kuzyk PR, Higgins GA, Tunggal JA, Sellan ME, Waddell JP, Schemitsch EH. Computer navigation vs extramedullary guide for sagittal alignment of tibial components: radiographic study and meta-analysis. *J Arthroplasty*. 2012; 27: 630-7. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.07.001>
11. Thienpont E, Fennema P, Price A. Can technology improve alignment during knee arthroplasty. *Knee*. 2013; 20 Suppl 1: S21-8. Available in: [https://doi.org/10.1016/S0968-0160\(13\)70005-X](https://doi.org/10.1016/S0968-0160(13)70005-X)
12. Meijer MF, Reininga IH, Boerboom AL, Bulstra SK, Stevens M. Does imageless computer-assisted TKA lead to improved rotational alignment or fewer outliers? A systematic review. *Clin Orthop Relat Res*. 2014; 472: 3124-33. Available in: <https://doi.org/10.1007/s11999-014-3688-5>
13. Wang Zeng-Lian, Zhao Li, Zhao Jia-Guo. Meta-analysis of limb and prosthesis alignment restoration after navigated total knee arthroplasty versus conventional total knee arthroplasty. *Chinese J Tissue Eng Res*. 2014; 18: 5707-14.
14. Tandogan RN, Kort NP, Ercin E, van Rooij F, Nover L, Saffarini M, et al. Computer-assisted surgery and patient-specific instrumentation improve the accuracy of tibial baseplate rotation in total knee arthroplasty compared to conventional instrumentation: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2022; 30: 2654-65. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06495-x>
15. Bathis H, Shafizadeh S, Paffrath T, Simanski C, Grifka J, Lüring C. Sind navigierte Knieendoprothesen tatsächlich präziser implantiert? Eine metaanalyse vergleichender studien [Are computer assisted total knee replacements more accurately placed? A meta-analysis of comparative studies] *Orthopade*. 2006; 35: 1056-65. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00132-006-1001-3>
16. Bauwens K, Matthes G, Wich M, Gebhard F, Hanson B, Ekkenkamp A, Stengel D. Navigated total knee replacement. A meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2007; 89: 261-9. Available in: <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00601>
17. Li B, Waresijiang N, Zhao X-B, Yuan H. Comparison of computer navigation and traditional method for total knee arthroplasty implant placement: a systematic review. *Chinese J Evid Based Med*. 2010; 10: 1259-68.
18. Brin YS, Nikolaou VS, Joseph L, Zukor DJ, Antoniou J. Imageless computer assisted versus conventional total knee replacement. A Bayesian meta-analysis of 23 comparative studies. *Int Orthop*. 2011; 35: 331-9. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00264-010-1008-6>
19. Burnett RS, Barrack RL. Computer-assisted total knee arthroplasty is currently of no proven clinical benefit: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res*. 2013; 471: 264-76. Available in: <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2528-8>
20. Zamora LA, Humphreys KJ, Watt AM, Forel D, Cameron AL. Systematic review of computer-navigated total knee arthroplasty. *ANZ J Surg*. 2013; 83: 22-30. Available in: <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2012.06255.x>
21. Liu BG, Pang QJ. Meta-analysis of therapeutic effects of computer-assisted navigation versus conventional total knee arthroplasty. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu (Chinese Journal of Tissue Engineering Research)*. 2014; 53: 6542-7. Available in: <https://doi.org/10.3969/j.issn.2095-4344>
22. Moskal JT, Capps SG, Mann JW, Scanelli JA. Navigated versus conventional total knee arthroplasty. *J Knee Surg*. 2014; 27: 235-48. Available in: <https://doi.org/10.1055/s-0033-1360659>
23. Rebal BA, Babatunde OM, Lee JH, Geller JA, Patrick DA Jr, Macaulay W. Imageless computer navigation in total knee arthroplasty provides superior short term functional outcomes: a meta-analysis. *J Arthroplasty*. 2014; 29: 938-44. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2013.09.018>
24. Shi J, Wei Y, Wang S, Chen F, Wu J, Huang G, et al. Computer navigation and total knee arthroplasty. *Orthopedics*. 2014; 37: e39-43. Available in: <https://doi.org/10.3928/01477447-20131219-15>
25. Alcelik IA, Blomfield MI, Diana G, Gibbon AJ, Carrington N, Burr S. A Comparison of short-term outcomes of minimally invasive computer-assisted vs minimally invasive conventional instrumentation for primary total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Arthroplasty*. 2016; 31: 410-8. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2015.09.013>
26. Han SB, Kim HJ, Kim TK, In Y, Oh KJ, Koh IJ, et al. Computer navigation is effective in reducing blood loss but has no effect on transfusion requirement following primary total knee arthroplasty: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016; 24: 3474-81. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4053-x>
27. Shin YS, Kim HJ, Ko YR, Yoon JR. Minimally invasive navigation-assisted versus conventional total knee arthroplasty: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016; 24: 3425-32. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4016-2>
28. Rhee SJ, Kim HJ, Lee CR, Kim CW, Gwak HC, Kim JH. A comparison of long-term outcomes of computer-navigated and conventional total knee arthroplasty: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Bone Joint Surg Am*. 2019; 101: 1875-85. Available in: <https://doi.org/10.2106/JBJS.19.00257>
29. Bouché PA, Corsia S, Dechartres A, Resche-Rigon M, Nizard R. Are there differences in accuracy or outcomes scores among navigated, robotic, patient-specific instruments or standard cutting guides in TKA? A network meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res*. 2020; 478: 2105-16. Available in: <https://doi.org/10.1097/CORR.0000000000001324>
30. Gao J, Dong S, Li JJ, Ge L, Xing D, Lin J. New technology-based assistive techniques in total knee arthroplasty: a Bayesian network meta-analysis and systematic review. *Int J Med Robot*. 2020; 27: e2189. Available in: <https://doi.org/10.1002/rcs.2189>
31. Lee DY, Park YJ, Hwang SC, Park JS, Kang DG. No differences in mid- to long-term outcomes of computer-assisted navigation versus conventional total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2020; 28: 3183-92. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-019-05808-5>
32. Zhao L, Xu F, Lao S, Zhao J, Wei Q. Comparison of the clinical effects of computer-assisted and traditional techniques in bilateral total knee arthroplasty: a meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One*. 2020; 15: e0239341. Available in: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239341>
33. Madanipour S, Singh P, Karia M, Bhamra JS, Abdul-Jabar HB. Trainee performed total knee arthroplasty is safe and effective: a systematic review and meta-analysis comparing outcomes between trainees and consultants. *Knee*. 2021; 30: 291-304. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.knee.2021.04.013>
34. Lei K, Liu L, Chen X, Feng Q, Yang L, Guo L. Navigation and robotics improved alignment compared with PSI and conventional instrument, while clinical outcomes were similar in TKA: a network meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2022; 30: 721-33. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06436-8>
35. Luan Y, Wang H, Zhang M, Li J, Zhang N, Liu B, et al. Comparison of navigation systems for total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Front Surg*. 2023; 10: 1112147. Available in: <https://doi.org/10.3389/fsurg.2023.1112147>
36. Cheng T, Pan XY, Mao X, Zhang GY, Zhang XL. Little clinical advantage of computer-assisted navigation over conventional instrumentation in primary total knee arthroplasty at early follow-up. *Knee*. 2012; 19: 237-45. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.knee.2011.10.001>
37. Xie C, Liu K, Xiao L, Tang R. Clinical outcomes after computer-assisted versus conventional total knee arthroplasty. *Orthopedics*. 2012; 35: e647-53. Available in: <https://doi.org/10.3928/01477447-20120426-17>
38. Van der List JP, Chawla H, Joskowicz L, Pearle AD. Current state of computer navigation and robotics in unicompartmental and total knee arthroplasty: a systematic review with meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016; 24: 3482-95. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4305-9>
39. Panjwani TR, Mullaji A, Doshi K, Thakur H. Comparison of functional outcomes of computer-assisted vs conventional total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of high-quality, prospective studies. *J Arthroplasty*. 2019; 34: 586-93. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.11.028>

40. Ayekoloye C, Nwangwu O, Alonge T. Computer navigation-assisted knee replacement demonstrates improved outcome compared with conventional knee replacement at mid-term follow-up: a systematic review and meta-analysis. *Indian J Orthop.* 2020; 13(54): 757-66. Available in: <https://doi.org/10.1007/s43465-020-00161-z>
41. Chin BZ, Seck VMH, Syn NL, Wee IJY, Tan SSH, O'Neill GK. Computer-navigated versus conventional total knee arthroplasty: a meta-analysis of functional outcomes from level I and II randomized controlled trials. *J Knee Surg.* 2021; 34: 648-58. Available in: <https://doi.org/10.1055/s-0039-1700494>
42. Plaskos C, Blum C, Lynch B, Ackerman M, Islam S, Lepkowsky E, Koenig J. Conventional vs. robotic/computer assisted total knee arthroplasty: a meta-analysis. *J Orthopaedic Experience & Innovation.* 2021.
43. Kim AG, Bernhard Z, Acuña AJ, Wu VS, Kamath AF. Use of intraoperative technology in total knee arthroplasty is not associated with reductions in postoperative pain. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2023; 31: 1370-81. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07098-w>
44. Bathis H, Kappel P, Pfeiffer TR, Frohlich M, Caspers M, Ates DM. Gibt es noch Gründe für die Navigation in der Knieendoprothetik? [Future implications of navigation in total knee arthroplasty]. *Orthopädie (Heidelb).* 2022; 51: 708-18. German. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00132-022-04285-y>
45. Hernández-Vaquero D. La alineación de las artroplastías de rodilla. Antiguos mitos y nuevas controversias. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2021; 65: 386-97. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.recot.2021.01.002>
46. Cohen JS, Agarwal AR, Gu A, et al. No difference in 30-day mortality between patients undergoing bilateral simultaneous total knee arthroplasty with technology assistance compared to conventional instrumentation. *HSS Journal.* 2023; Epub 2023 April 18. Available in: <https://doi.org/10.1177/15563316231160155>
47. 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: 3436-42. Available in: <https://doi.org/10.1007/s11999-011-2044-2>
48. Bhandari M, Guyatt GH, Montori V, Devereaux PJ, Swiontkowski MF. User's guide to the orthopaedic literature: how to use a systematic literature review. *J Bone Joint Surg Am.* 2002; 84: 1672-82.
49. Constantinescu DS, Costello JP, Yakkanti RR, Vanden Berge DJ, Carvajal Alba JA, Hernandez VH, D'Apuzzo MR. Lower perioperative complication rates and shorter lengths of hospital stay associated with technology assisted total knee arthroplasty versus conventional instrumentation in primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2024; 39(6): 1512-17. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2023.12.015>
50. LaValva SM, Chiu Y-F, Fowler MJ, Lyman S, Carli AV. Does computer navigation or robotic assistance affect the risk of periprosthetic joint infection in primary total knee arthroplasty? A propensity score-matched cohort analysis. *J Arthroplasty.* 2024; 39: 96-102. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2023.08.007>
51. Smith TJ, Siddiqi A, Forte SA, Judice A, Sculco PK, Vigdorich JM, Schwarzkopf R, Springer BD. Periprosthetic fractures through tracking pin sites following computer navigated and robotic total and unicompartmental knee arthroplasty: a systematic review. *JBJS Rev.* 2021; 9: e20.00091. Available in: <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.20.00091>
52. Heinz T, Eidmann A, Anderson P, Weibenberger M, Jakuscheit A, Rudert M, Stratos I. Trends in computer-assisted surgery for total knee arthroplasty in Germany: an analysis based on the operative procedure classification system between 2010 to 2021. *J Clin Med.* 2023; 12: 549. Available in: <https://doi.org/10.3390/jcm12020549>
53. Shi JL, Mojica ES, Moverman MA, Pagani NR, Puzitiello RN, Menendez ME, et al. The reverse fragility index: interpreting the current literature on long-term survivorship of computer-navigated versus conventional TKA: a systematic review and cross-sectional study of randomized controlled trials. *J Bone Joint Surg Am.* 2023; 105: 157-63. Available in: <https://doi.org/10.2106/JBJS.22.00311>