

Trabajo Fin de Grado

Prótesis de rodilla navegada Navigated knee prosthesis

Autor

Martín Carlos Saintavit García

Directores

Dra. Nieves Blanco Rubio

Dr. José María Zamora Rodríguez

Grado en Medicina
Facultad de Medicina. Universidad de Zaragoza
Departamento de Cirugía
Curso académico 2024-25

INDICE

RESUMEN.....	4
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	6
Etiología.....	6
Fisiopatología	7
Clínica de la artrosis de rodilla	7
Diagnóstico.....	7
Tratamiento.....	8
Prótesis total de rodilla	9
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVO	13
MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
Palabras clave	15
Alineación del eje mecánico de la extremidad inferior	16
Osteotomía femoral distal.....	16
Ángulo lateral distal femoral mecánico.....	17
Ángulo distal femoral en el plano sagital	17
Osteotomías femorales anterior y posterior.....	17
Osteotomía tibial proximal.....	18
Ángulo medial proximal tibial mecánico	18
Ángulo proximal tibial en el plano sagital	19
Rotación del componente tibial	19
Equilibrio ligamentario:	19
Cirugía asistida por navegador	21
Pérdida sanguínea	24
Tiempo de cirugía	24
Rango de movilidad.....	24
Dolor (PROMs y EVA).....	24
2011 Knee Society Score (KSS)	24
EuroQol-5D cuestionario	25
Oxford Knee Score (OKS)	25
SF-36 cuestionario	25
Western Ontario and McMaster University Scale (WOMAC).....	26
Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)	26
Hospital for Special Surgery Scale (HSS).....	26
Supervivencia de las prótesis y complicaciones	26
DISCUSIÓN	27

Eje mecánico: ángulo cadera-rodilla-tobillo.....	27
Ángulo lateral distal femoral mecánico en el plano frontal	27
Ángulo medial proximal tibial mecánico en el plano frontal.....	28
Ángulo distal femoral en el plano sagital	28
Ángulo proximal tibial en el plano sagital	28
Equilibrio de partes blandas	28
Pérdida sanguínea / transfusiones	28
Tiempo de cirugía	28
Rango de movilidad	29
Dolor.....	29
2011 Knee Society Score	29
EuroQOL-5D questionnaire	29
Oxford Knee Score.....	29
SF-36.....	30
Western Ontario and McMaster University Scale.....	30
Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score	30
Hospital for Special Surgery scale.....	30
Supervivencia de la prótesis y Complicaciones	30
CONCLUSIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXO: TABLAS	35

RESUMEN

Introducción y objetivo: el envejecimiento generalizado de la población y la mejor calidad de vida conlleva un incremento en la prevalencia de patologías crónicas como la artrosis. Esto se traduce en una mayor incidencia y relevancia social de la artroplastia total de rodilla. En este trabajo de revisión comparamos los resultados de la más novedosa técnica quirúrgica asistida por navegador, con la técnica quirúrgica convencional para la colocación de prótesis totales de rodilla, con el objetivo de determinar si alguna de las dos es superior.

Material y métodos: se realiza una búsqueda exhaustiva en bases de datos internacionales de la bibliografía disponible sobre ambos tipos de cirugía y se comparan sus resultados radiológicos y clínicos postoperatorios. Como variable radiológica se analiza la precisión de la alineación de los ejes y ángulos mecánicos de la extremidad. Para comparar los resultados clínicos se utilizan diversas escalas de valoración como Knee Society Score (KSS) y la Western Ontario and McMaster University Scale (WOMAC).

Resultados: el análisis de la bibliografía revela datos controvertidos. Si bien existe un consenso general, aunque algunos autores discrepan, respecto a la mayor precisión de la cirugía navegada para la alineación de las prótesis, también se considera demostrado que esta mejoría de alineación no se traduce en resultados clínicos y funcionales superiores, ni mayor supervivencia de las prótesis.

Conclusiones: la falta de resultados contundentes a favor del uso de la cirugía navegada en la población general y los inconvenientes que la caracterizan como el mayor coste económico y la curva de aprendizaje necesaria para poder operar, hacen que la cirugía navegada no esté extendida como el procedimiento quirúrgico de primera elección para la artroplastia total de rodilla primaria en pacientes con artrosis. Sin embargo la navegación es de gran utilidad en situaciones clínicas específicas y su continuo desarrollo puede traer mejores resultados en el futuro.

ABSTRACT

Background: the constant population aging, and better quality of life carry the rise in prevalence of certain chronic diseases such as osteoarthritis. This entails growing incidence and social impact of total knee arthroplasty. In this review study we compare the results of the latest developed surgical navigation systems with the conventional technique of total knee arthroplasty, trying to determine which one is superior.

Methods: a thorough bibliographic search on the two types of surgery was made in various international databases, and postoperative radiological and clinical data were compared. Some

of the analyzed radiological outcomes included the mechanical angles and axis alignment accuracy. The clinical outcome was measured with different assessment scales such as the Knee Society Score (KSS) and the Western Ontario and McMaster University Scale (WOMAC).

Results: the reviewed data displayed controversial results. It is generally accepted that the navigation system relates with better alignment accuracy, although some authors may disagree. Nonetheless, it is also established that more accurate navigation alignment does not correlate with better clinical and functional outcomes, neither longer prosthesis survival.

Conclusions: the lack of strong evidence defending the use of navigation systems in general population and disadvantages such as a higher cost and a required learning curve, make navigation surgery a procedure not to be chosen as a first-line treatment in primary total knee replacement due to osteoarthritis. However, navigation has tremendous usefulness in certain specific clinical scenarios. Besides, its continuous development may bring better results in the future.

INTRODUCCIÓN

La artrosis es un síndrome doloroso degenerativo resultante del desgaste del cartílago de las articulaciones y el engrosamiento del hueso subcondral, que puede llegar a causar discapacidad. Se puede generar en distintas articulaciones del cuerpo, siendo las más frecuentes la rodilla, la cadera, las interfalángicas distales y la trapecio metacarpiana.

La rodilla es una articulación compleja que posee tres compartimentos: tibio-femoral medial, tibio-femoral lateral y patelofemoral. Estos pueden verse afectados por la artrosis tanto de manera aislada como conjuntamente. Las más frecuentes son la afectación aislada del compartimento medial, y la afectación conjunta del medial y el patelofemoral.

Epidemiología

Se estima que la prevalencia de artrosis en la edad adulta es del 25% a nivel mundial, siendo notablemente más frecuente a partir de la sexta década de la vida y en el sexo femenino.

Determinar la prevalencia de artrosis de rodilla es complicado debido a su método de diagnóstico poco preciso, que requiere el cumplimiento de varios criterios clínicos y radiológicos, ya que suele presentarse en concomitancia con otras patologías. En el 50% de los pacientes que padecen artrosis de rodilla las alteraciones radiológicas no se correlacionan con las manifestaciones clínicas (1).

Etiología

La artrosis puede ser primaria y localizada, o generalizada, de etiología inespecífica e idiopática. Aunque en articulaciones como la cadera y el carpo existe un importante componente genético predisponente, este tiene poca relevancia en la rodilla.

Puede ser secundaria a otros padecimientos como traumatismos, desórdenes congénitos del desarrollo, condrocalcinosis, osteonecrosis, artritis reumatoide, podagra, o patologías endocrinas como la diabetes mellitus o el hipotiroidismo.

Un importante factor de riesgo para el desarrollo de artrosis es la edad, debido al envejecimiento progresivo de los cartílagos de la articulación, el hueso, y los tejidos blandos estabilizadores. El sexo femenino también es un importante factor de riesgo. Se piensa que los cambios hormonales de la menopausia contribuyen al desarrollo de la artrosis.

La obesidad es el principal factor de riesgo modificable favorecedor del desarrollo de artrosis, debido al aumento de presión que el sobrepeso genera sobre la matriz extracelular del cartílago articular. Las personas con sobrepeso presentan el doble de riesgo de padecer artrosis de rodilla, y las personas con obesidad tienen tres veces más riesgo. Además, presentar varios criterios de

síndrome metabólico se correlaciona con mayor riesgo de desarrollar artrosis. Tres o más factores sindrómicos aumentan el riesgo por diez.

El tipo y la intensidad de la actividad laboral o física también puede contribuir a su desarrollo. Profesiones o deportes en los que se practican movimientos repetitivos de flexo-extensión o en los que se sufren micro traumas continuos favorecen su aparición. Por ejemplo fontaneros, electricistas, ciclistas y futbolistas tienen mayor riesgo de padecer artrosis.

En cuanto a las lesiones articulares previas, se ha observado que la rotura del ligamento cruzado anterior, o meniscectomías mayores al 30% aumentan el riesgo de padecer artrosis en el orden de cinco y siete veces respectivamente (1).

Fisiopatología

La artrosis se genera cuando se compromete la matriz extracelular condral. La pobre vascularización y baja tasa de recambio celular de estos tejidos favorecen que los fenómenos inflamatorios reparativos fisiológicos no logren restaurar el cartílago a su capacidad mecánica previa.

Ante una agresión, los fibroblastos sinoviales responden secretando citoquinas inflamatorias que estimulan la proliferación del hueso subcondral. Este reemplaza el cartílago hialino original por fibrocartílago, principalmente constituido por fibras de colágeno de tipo I, que prolifera y se calcifica dando lugar a osteofitos y geodas.

Todo ello contribuye a la disminución del espacio articular, afectando a la movilidad y provocando dolor (1).

Clínica de la artrosis de rodilla

Las manifestaciones clínicas son variadas y dependen del grado de compromiso de la articulación, aunque son características: la limitación de movimientos de flexión y extensión, rigidez tras el reposo, dolor con la realización de actividades, crepitación, edema, inestabilidad, formación de osteofitos y deformidad en varo o en valgo.

Diagnóstico

Se realiza en base a la clínica y los resultados de las pruebas radiológicas. Sin embargo no existe una buena correlación entre el grado de afectación y la sintomatología. En el momento del diagnóstico hay que descartar patologías como enfermedades por depósito, artritis reumatoide y artritis séptica.

Debido a la gran variabilidad de formas de presentación de la enfermedad entre individuos, se han establecido criterios que ayudan afinar el diagnóstico, como los criterios diagnósticos del American College of Rheumatology (tabla 1) (2).

Tabla 1. Criterios diagnósticos de osteoartritis de rodilla (2).

Historia clínica (al menos 3)	Gonalgia
	Mayor de 50 años
	Rigidez menor de 50 minutos
	Crepitación
	Sensibilidad ósea
	Sin aumento de temperatura
	Aumento de volumen óseo
Exámenes de laboratorio (opcionales)	VSG < 40mm/h
	Factor reumatoideo < 1:40
Estudio radiológico	osteofitos

Aunque la correlación radiológica-clínica es baja, se recomienda realizar un estudio radiológico en todos los casos. Debe incluir al menos una proyección anteroposterior, una lateral, una axial de rótula y una proyección de Rosenberg (con la rodilla flexionada en 45º bajo carga). Esto permite clasificar radiológicamente el nivel de afectación de la rodilla en 5 grados según la escala de Kellgren Lawrence (tabla 2) (3).

Tabla 2. Clasificación radiológica de osteoartritis (OA) de Kellgren y Lawrence (3).

Grado	Característica radiográfica
0	Normal
1 (OA dudosa)	Dudoso estrechamiento del espacio articular. Posibles osteofitos.
2 (OA leve)	Posible estrechamiento del espacio articular. Osteofitos.
3 (OA moderada)	Estrechamiento del espacio articular. Osteofitos moderados múltiples. Leve esclerosis. Posible deformidad de los extremos de los huesos.
4 (OA grave)	Marcado estrechamiento del espacio articular. Abundantes osteofitos. Esclerosis grave. Deformidad de los extremos de los huesos.

En pacientes que presentan dolor artrósico pero un estudio radiológico sin hallazgos, se solicitan otras pruebas radiológicas complementarias como artrotomografía computarizada (artro-TC) o resonancia magnética nuclear (RNM) con el objetivo de descartar otras patologías.

Tratamiento

El tratamiento médico de la artrosis de rodilla involucra medidas farmacológicas y no farmacológicas destinadas a disminuir el dolor de la paciente y mejorar su calidad de vida. Incluye programas de ejercicios de bajo impacto para fortalecer la musculatura periarticular, disminuir el peso corporal mediante dieta y ejercicio, el uso de órtesis, y analgesia y antiinflamatorios en función del dolor. La gran mayoría de los casos, en torno al 80%, no

avanzarán nunca más allá de los estadios iniciales de la enfermedad y podrán controlarse con estas medidas.

Solo el 20% de los casos evoluciona a estadios avanzados, y de ellos solo la cuarta parte llegará a tener síntomas que justifiquen la cirugía. El tratamiento quirúrgico se reserva para casos de artrosis en los que las medidas conservadoras no alivian el dolor o mejoran la función, cuando el grado de afectación es muy avanzado, o la sintomatología severa e incapacitante. También se tratan quirúrgicamente pacientes con artrosis unicompartmental y gran desviación del eje con riesgo elevado de degeneración generalizada de la articulación en el futuro.

Dependiendo de las características de la paciente se pueden realizar osteotomías, artrodesis, o más frecuentemente el reemplazo de la articulación por una prótesis. La artroplastia puede ser parcial o total, dependiendo del grado de afectación y la edad de la paciente. La artroplastia total se reserva para los casos más avanzados con afectación tricompartmental y pacientes mayores de 65 años (1, 4). El lavado artroscópico, aunque logra una mejoría sintomática parcial, a medio plazo muestra unas tasas de artroplastia similares a la población general, por lo que no es muy popular. Las osteotomías se pueden realizar en la casos de degeneración unicompartmental en pacientes jóvenes, que quieren continuar con su actividad deportiva o laboral. Existiendo el riesgo de la progresión a los demás compartimentos de la artrosis.

El procedimiento quirúrgico más empleado es la artroplastia, pudiendo ser esta parcial o total, siendo más frecuente esta última. En España se colocan unas 9 prótesis de rodilla por cada 1000 habitantes, siendo la relación entre el sexo femenino y el masculino de dos prótesis en hombres por cada tres prótesis en mujeres. La durabilidad de las prótesis ha mejorado con el desarrollo de los materiales y la tecnología, y actualmente la supervivencia supera los 20 años (1).

Prótesis total de rodilla

Tanto la artroplastia total de rodilla primaria como la de revisión asocian una mejoría de la función tras la cirugía. La evidencia más sólida lo demuestra con un seguimiento de 2 años, pero los estudios con seguimiento de 5 a 10 años también presentan buenos resultados. La edad media de los pacientes que se someten a una artroplastia total de rodilla es de 70 años, siendo pocos mayores de 85 años. Aproximadamente dos tercios de las intervenciones se realizan en mujeres, un tercio en pacientes obesos y casi el 90% de las indicaciones son por osteoartritis.

No hay datos de que la edad, el sexo o el índice de masa corporal sean factores predictivos de los resultados funcionales postoperatorios. Sin embargo se sabe que los pacientes con artritis

reumatoide mejoran más que los que padecen osteoartritis tras una artroplastia total de rodilla, seguramente debido a un peor estado funcional previo, con mayor margen de mejora (5).

La indicación de artroplastia total de rodilla se realiza ante gran dolor, impotencia funcional y signos radiológicos de lesión grave articular, en el contexto de pacientes relativamente sedentarios en los que haya fracasado el tratamiento conservador. Por ello la mayoría de las prótesis se colocan como tratamiento a la osteoartrosis.

Las principales contraindicaciones para la colocación de una prótesis de rodilla son una infección activa concomitante, una artrodesis previa en esa misma articulación, la rotura del aparato extensor de la extremidad o deformidad en recurvatum grave (6).

Actualmente la supervivencia media de las prótesis de rodilla es del 95% a los 10 años, pero al inicio de la década de 1970, los modelos de prótesis de rodilla presentaban altas tasas de fracasos. Un gran cambio que aumentó la supervivencia fue la creación del modelo biomecánico 'total condilar'. Hoy en día los modelos de prótesis total de rodilla primaria se pueden dividir principalmente en dos tipos, dependiendo de si conservan el ligamento cruzado posterior:

- Con sustitución del ligamento cruzado posterior (*Posterior Stabilized: PS*).
- Con conservación del ligamento cruzado posterior (*Cruzate Retaining: CR*).

Los estudios clínicos no han mostrado una diferencia significativa de resultados entre los dos modelos, pero se utiliza más el modelo PS debido a su mayor sencillez y menor tasa de complicaciones en comparativa con CR (4).

Las prótesis unicompartmentales se reservan para casos de pacientes jóvenes con importante artrosis de un compartimento y buen estado de los otros dos, con ligamento cruzado anterior competente y sin alteraciones de los ejes. Tiene como ventaja que disminuye el desgaste del polietileno, aunque presenta mayor tasa de luxaciones protésicas. Su mayor ventaja es que permiten una mejor funcionalidad, por lo que son más populares en pacientes jóvenes deportistas (4).

Las principales complicaciones derivadas de la colocación de una prótesis total de rodilla se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Vasculares: embolismo graso, embolismo por monómero de metilmetacrilato en sangre, trombosis venosa profunda, tromboembolismo pulmonar. Para prevenirlas se suministra anticoagulación profiláctica con heparina de bajo peso molecular.
- Neurológicas: aunque poco frecuentes, pueden ocurrir en pacientes con gran deformidad preoperatoria o artritis reumatoide.

- Fracturas periprotésicas: de estas, las más frecuentes son las supracondíleas femorales. Son más raras las fracturas intracondíleas, tibiales, o patelares.
- Infecciosas: en más del 50% de los casos están causadas por *Staphylococcus epidermidis* debido a su alta capacidad adherencial al polietileno. La segunda etiología infecciosa más frecuente es *Staphylococcus aureus*. El tratamiento consiste en una limpieza quirúrgica minuciosa y el recambio protésico en dos tiempos, añadiendo tratamiento antibiótico específico local y sistémico (4).

El éxito de una artroplastia total de rodilla depende fundamentalmente de 3 principios:

- Una alineación correcta en los tres planos espaciales frontal, sagital y axial, que luego se traduzca en una buena alineación del eje mecánico de la extremidad. Esta depende de la precisión de los cortes óseos.
- Un buen equilibrio ligamentoso en flexión y en extensión. Tiene gran importancia en el plano sagital, pero es fundamental en el plano frontal para evitar deformidades en varo o valgo. Para lograrlo tras los cortes óseos se emplean técnicas de liberación de estructuras tensas, o técnicas para retensar estructuras laxas.
- Una fijación de los implantes adecuada y duradera. La cementación de las prótesis se realiza con este objetivo (7).

Por este motivo son muchos los estudios que analizan estos principios para conseguir prótesis cada vez más duraderas y con mejores resultados.

JUSTIFICACIÓN

Debido al envejecimiento constante de la población y una mejor calidad de vida de los pacientes, las cirugías protésicas han aumentado de forma exponencial en los últimos años. Es por ello por lo que cada vez se presentan más avances en la colocación de las prótesis y las técnicas quirúrgicas necesarias para ello, así como en los materiales utilizados. La cirugía navegada en prótesis de rodilla es un avance tecnológico que busca lograr una mejor colocación de los implantes con la asistencia de los ordenadores.

OBJETIVO

El objetivo principal de este trabajo es realizar un estudio bibliográfico exhaustivo realizando una comparativa entre los resultados clínicos y radiológicos de prótesis totales de rodilla colocadas mediante cirugía convencional y prótesis totales de rodilla colocadas mediante cirugía asistida por navegador. Para de este modo poder valorar si hay diferencias significativas en los resultados clínicos y radiológicos dependiendo del tipo de cirugía y determinar si esto se evidencia en un menor número de complicaciones y una mayor supervivencia a medio-largo plazo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para obtener la bibliografía utilizada en este trabajo, realicé una búsqueda bibliográfica extensa en distintas bases de datos internacionales con descriptores en ciencias de la salud. Como criterios de inclusión para seleccionar bibliografía se filtraron aquellos artículos que no estaban disponibles en inglés, y se tomaron únicamente publicaciones de los últimos quince años. Desde el 1 de enero de 2010, hasta la fecha de realización de la búsqueda, el 1 de abril de 2025.

Se han incluido estudios comparativos prospectivos y retrospectivos, que evaluaran los resultados postoperatorios radiológicos de alineación y clínicos entre los dos tipos de cirugía. Se han incluido únicamente estudios que analizaran variables relacionadas con la alineación y la clínica de prótesis totales de rodilla, excluyendo prótesis parciales y otros tipos de prótesis. También se han excluido aquellos estudios que comparasen otras técnicas quirúrgicas distintas de las analizadas en este trabajo: la cirugía convencional y la cirugía asistida por navegador.

Se realizó una búsqueda en la base de datos del Centro Nacional para la Información Biotecnológica (NCBI) con términos MeSH (Medical Subject Headings). En la web '*Descriptores en Ciencias de la Salud*' de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) se tradujeron las palabras claves de la búsqueda en castellano a los términos MeSH correspondientes en inglés. Para el término en castellano 'sistema de navegación quirúrgica' el término MeSH es 'Surgical Navigation Systems', y para 'artroplastía total de rodilla' el término MeSH es 'Arthroplasty, Replacement, Knee'. La búsqueda realizada en el NCBI fue la siguiente: *["Surgical Navigation Systems"[Mesh]] AND "Arthroplasty, Replacement, Knee"[Mesh]*. El uso del conector lógico AND permite reducir la búsqueda a todas las publicaciones en las que aparecen ambos términos. A los resultados obtenidos se añadieron los filtros temporales e idiomáticos según los criterios de inclusión, obteniendo un total de 9 entradas.

En la base de datos de Cochrane Library se realizaron dos búsquedas. La primera mediante la herramienta de búsqueda avanzada, utilizando los descriptores en ciencias de la salud: *[MeSH descriptor: [Arthroplasty, Replacement, Knee] explode all trees AND MeSH descriptor: [Surgical Navigation Systems] explode all trees]*. Se obtuvieron únicamente 4 resultados. La siguiente se realizó con el motor de búsqueda simple: *[(Title/Abstract/keyword "navigation") AND (Title/Abstract/keyword "total knee arthroplasty")]*. Aportó más resultados, los cuales tras aplicar los filtros de idioma (inglés) y tiempo (desde 2010 hasta la actualidad) se quedaron en 204 publicaciones.

Se amplió la búsqueda en la base de datos Web of Science (WOS) de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT). En ella se realizaron dos búsquedas diferentes, siendo la primera: *[(assist (topic)) AND (total knee arthroplasty (topic))]* a la que se le aplicó el filtro 'review article' obteniendo solo 2 publicaciones. La segunda búsqueda aportó más resultados: *[(surgical navigation system (topic)) AND (total knee arthroplasty (topic))]* añadiendo los filtros 'review article', idiomáticos (inglés) y temporales (desde 2010 hasta la actualidad). Arrojó un total de 75 entradas.

Por último se realizó una búsqueda en la base de datos China National Knowledge Infrastructure (CNKI): *[(assist (title, keyword and abstract)) AND (total knee arthroplasty (title, keyword and abstract)) AND synonym search]*. Se obtuvieron 21 resultados.

Tras la búsqueda en estas cuatro bases de datos internacionales contamos con 315 publicaciones para analizar. La lectura de los títulos y resúmenes permitió excluir 168 resultados que no se adecuaban al tema principal del trabajo. Se eliminaron otros 25 artículos por no estar disponibles en inglés en su totalidad, 8 artículos duplicados a causa de las diversas búsquedas, y 3 artículos retirados de las revistas que los habían publicado originalmente. Quedaron de este modo un total de N=111 publicaciones seleccionadas para su lectura y análisis.

Tras su lectura, en base a los criterios de inclusión y exclusión antes mencionados se descartaron 64 artículos y seleccionaron N=47 publicaciones para su relectura y análisis minucioso (imagen 1).

Palabras clave

Las palabras clave empleadas en la búsqueda bibliográfica son:

- 'Sistemas de navegación quirúrgica'. En inglés 'surgical navigation systems'.
- 'Artroplastia total de rodilla'. En inglés 'total knee arthroplasty'. Este término incluye otra de las palabras clave planteadas originalmente para realizar la búsqueda: 'cirugía convencional de prótesis de rodilla'.

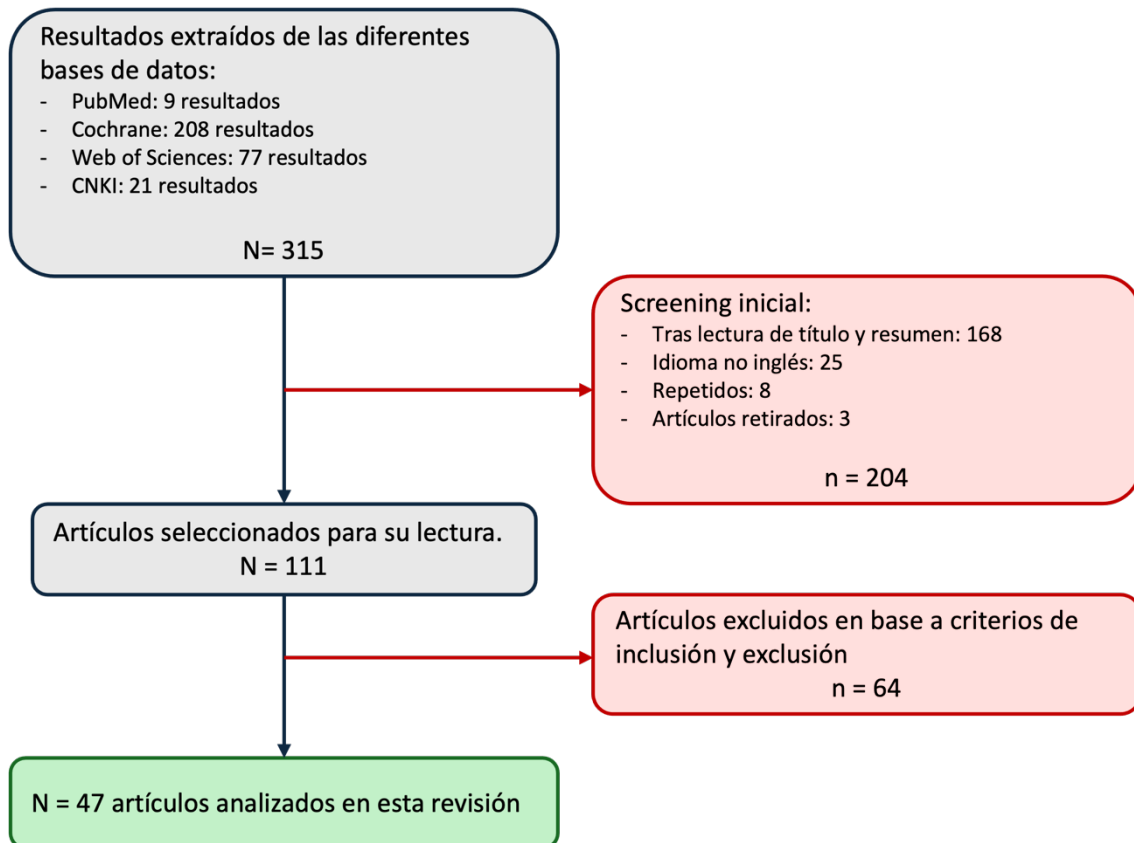


Imagen 1. Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica

A continuación se presentan y explican las variables a comparar entre los dos tipos de cirugía, y se explican brevemente ambos procedimientos.

Alineación del eje mecánico de la extremidad inferior

El eje mecánico clásico o ángulo cadera-rodilla-tobillo es aquel conformado entre los ejes mecánicos del fémur y la tibia. El eje mecánico del fémur es una línea imaginaria entre el centro de la cabeza femoral y el centro de la articulación de la rodilla. El eje mecánico tibial es otra línea imaginaria que une el centro de la articulación de la rodilla con el punto medio de la línea intermaleolar o centro de la cúpula astragalina. De forma fisiológica, el ángulo que forman estas dos rectas es de aproximadamente $1^{\circ}20'$ en varo (8). Sin embargo en la colocación de una prótesis de rodilla se suele perseguir como objetivo la alineación neutra, es decir, un ángulo de 180° , con un margen de error de 3° en varo o en valgo. Aquellas extremidades desviadas más de 3° en el plano frontal se consideran 'desviaciones'. Además también se busca la perpendicularidad de cada componente con el eje correspondiente al hueso al que se unen. Se intenta colocar el implante femoral perpendicular al eje mecánico femoral, y el implante tibial perpendicular al eje mecánico tibial.

Osteotomía femoral distal

Al realizar el corte buscamos que sea perpendicular al eje mecánico del fémur. Para ello la precisión de las guías intramedulares ha demostrado ser superior a la de las extramedulares, las cuales toman como referencia el eje anatómico del fémur. Al emplear el eje anatómico femoral para calcular la perpendicular de su eje mecánico, hay que considerar un ángulo femoral en valgo de unos 5-7° que puede variar interindividualmente, lo cual hace que las guías extramedulares sean mucho menos precisas (imagen 6). El punto de entrada de la guía intramedular se sitúa unos 12 milímetros anterior al techo intercóndilo, y 1'5 milímetros medialmente al centro. El grosor del corte ha de ser del mismo tamaño que tenga el implante que se planea colocar (unos 8-9 milímetros) (7).

Ángulo lateral distal femoral mecánico

Es el ángulo que se forma en el plano frontal entre el eje mecánico del fémur y el corte distal femoral (imagen 2). En la mayoría de la bibliografía revisada que analiza esta medida, se establece como objetivo 'neutro' un ángulo de 90°. Todas aquellas extremidades en las que este ángulo se aleja más de 3° en varo o valgo del objetivo, se consideran 'desviadas' para este parámetro.

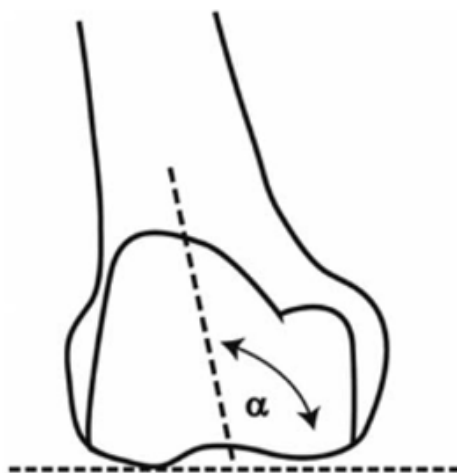


Imagen 2. Ángulo lateral distal femoral mecánico (9)

Ángulo distal femoral en el plano sagital

Es el ángulo que forma el eje mecánico del fémur con el corte femoral distal en el plano sagital, es decir, visto desde el lateral. En la mayoría de los estudios revisados, se establece como objetivo 'neutro' un ángulo de 0° respecto a la perpendicular del eje femoral. Una diferencia de más de 3° de este ángulo con la neutralidad se considera 'desviación'.

Osteotomías femorales anterior y posterior.

Estos cortes vienen condicionados por la talla del implante femoral. La actuación es diferente según el sistema de referencia que se use. Si es anterior, el corte en la cortical anterior es preestablecido y se aumenta la resección del corte posterior, lo que redundará en un aumento del espacio interfacetario de la prótesis en flexión. Si en cambio el sistema de referencia es posterior, se aumenta la resección de la cortical anterior, afectando la relación de la prótesis con la rótula (imagen 6).

Estos cortes tienen gran influencia en la alineación rotacional del implante con el fémur. Una mala rotación puede condicionar inestabilidad. Para ello se toman varias medidas de referencia que sirven para alinear correctamente los cortes anterior y posterior femorales. Estas son el eje epicondíleo (ideal, entre el centro de ambos cóndilos), eje anteroposterior (perpendicular al eje epicondíleo, une la zona más profunda de la tróclea anterior y el centro de la escotadura intercondílea posterior), eje condíleo posterior (línea que une los puntos más posteriores de ambos cóndilos, suele tener unos 3º de rotación interna respecto al eje epicondíleo aunque en los genu valgus es mayor), y el corte tibial (al tomarlo como referencia, se logra un ángulo de 90º del espacio en flexión, pero puede condicionar inestabilidad rotuliana) (7).

Osteotomía tibial proximal

Ha de ser perpendicular al eje mecánico tibial en el plano coronal, y en el plano sagital con una inclinación de unos 3-7º. Para este corte tanto las guías intramedulares como las extramedulares han demostrado resultados similares de precisión (imagen 6). Se toma la tuberosidad tibial anterior como referencia proximal, y el segundo metatarsiano, medial al punto medio entre ambos maléolos, como referencia distal (7).

Ángulo medial proximal tibial mecánico

Es el ángulo conformado en el plano frontal entre el eje mecánico de la tibia y el corte tibial proximal (imagen 3). En la mayoría de los estudios revisados que analizan este parámetro, se establece como objetivo 'neutro' un ángulo de 90º. Aquellas extremidades en las que el ángulo se desvía más de 3º en varo o valgo se consideran 'desviaciones' para esta medida.

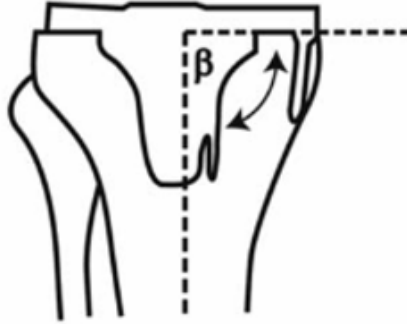


Imagen 3. Ángulo medial proximal tibial mecánico (9)

Ángulo proximal tibial en el plano sagital

También llamado pendiente tibial, es el ángulo que se forma entre el eje mecánico tibial y el corte tibial proximal en el plano sagital (imagen 4). Este corte suele realizarse con cierta pendiente para no dejar la extremidad en hiperextensión tras colocar la prótesis, debido a que estas tienen una cuña con pocos grados de inclinación en su parte posterior. Se considera 'neutro' un ángulo de 4-5º respecto a la perpendicular del eje tibial. Una diferencia de más de 3º entre el ángulo logrado y la neutralidad es considerada 'desviación'.



Imagen 4. Ángulo proximal tibial sagital (9)

Rotación del componente tibial

Una rotación adecuada del componente tibial es de gran importancia porque determina el correcto recorrido del aparato extensor y la rótula sobre la cara anterior del implante femoral, y la correcta articulación femoro-tibial. La referencia más empleada es la alineación del centro del implante tibial con el tercio medial de la tuberosidad tibial (7).

Equilibrio ligamentario:

Es una variable de gran importancia para la alineación de la extremidad en el postoperatorio y para la funcionalidad de la prótesis en el futuro. Mayor tensión medial o lateral condicionarán cierto grado de valgo o varo. Existe una gran variabilidad interindividual en la laxitud de la rodilla, pero en la colocación de prótesis totales de rodilla existe un consenso sobre el equilibrio

ligamentoso. Se busca que el espacio en extensión (determinado por el corte distal femoral y el corte proximal tibial) y el espacio en flexión (conformado por el corte posterior femoral y el corte proximal tibial) sean rectangulares y muy similares entre sí. Esto se comprueba en el quirófano con bloques medidores, y en caso de que haya tensión en uno de los dos lados, medial o lateral, se pueden emplear técnicas para liberar tensión y técnicas para retensar tejidos demasiado laxos. En algunos casos con demasiada tensión, se prefiere sacrificar la alineación ideal de los cortes para lograr la estabilidad ligamentaria, variando el ángulo de corte femoral distal en extensión, o el corte posterior femoral en flexión.

La liberación de tensión excesiva a nivel medial se puede realizar liberando la cápsula posteromedial, fascículos del músculo semimembranoso, el ligamento cruzado posterior y el fascículo superficial del ligamento colateral medial. A nivel lateral, la liberación de partes blandas se puede realizar liberando la cápsula posterolateral, la fascia lata, el tendón del poplíteo y el ligamento colateral lateral (7).

Lee et al (10) estudiaron las diferencias en la precisión del equilibrio ligamentoso entre la cirugía convencional y la cirugía navegada. En la serie de casos estudiada se mide el espacio articular tras completar las osteotomías femoral y tibial tanto en extensión completa como en flexión de 90°. Se mide para cada posición el espacio medial y el lateral, obteniendo cuatro medidas, y se comparan entre ellas (imagen 5). El objetivo es lograr un espacio rectangular bien equilibrado, con diferencias menores o iguales a 3 milímetros entre las cuatro medidas. Aquellas rodillas en las que los espacios se desvíen más de 3 milímetros se consideran desviaciones con ‘espacios articulares trapezoidales’.

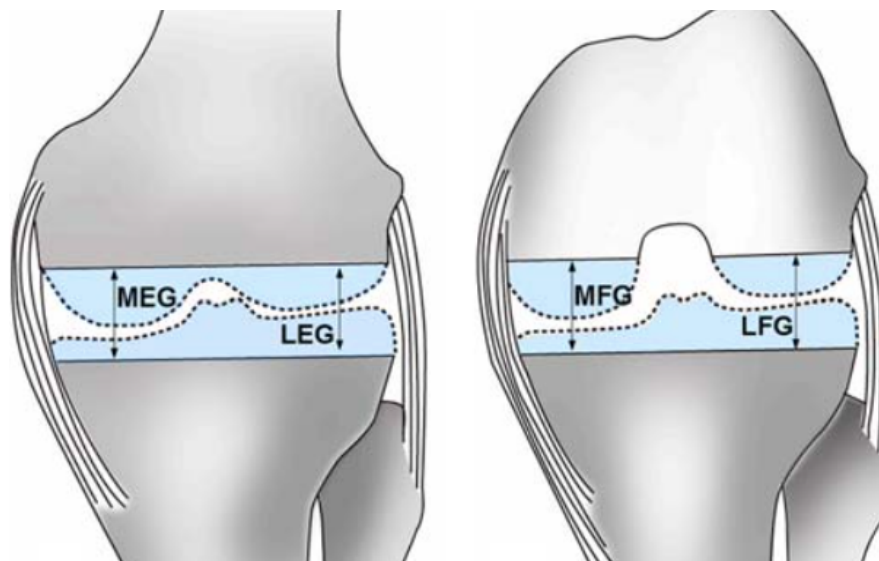


Imagen 5. Espacios evaluados en el equilibrio ligamentoso (10)

MEG: medial extensión gap (espacio medial en extensión). LEG: lateral extensión gap (espacio lateral en extensión). MFG: medial flexion gap (espacio medial en flexión). LFG: lateral flexion gap (espacio lateral en flexión).

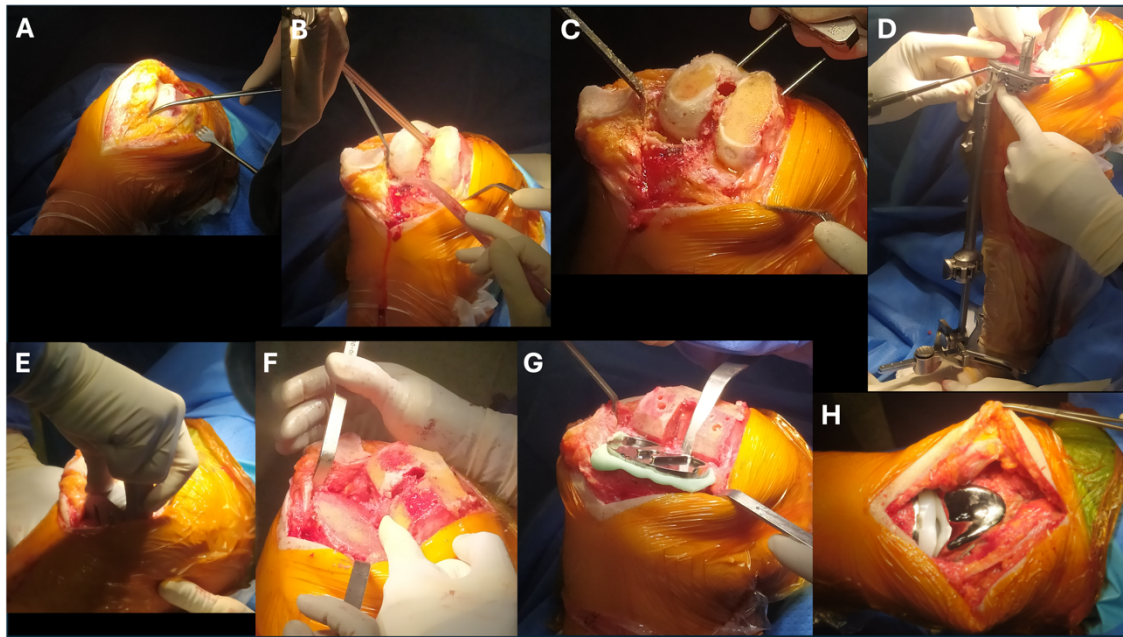


Imagen 6. Cirugía convencional: artroplastia total de rodilla.

A: abordaje parapatelar medial. B: guía intramedular femoral. C: corte distal femoral. D: guía extramedular tibial. E: valoración de la tensión de partes blandas con bloque. F: corte proximal tibial y cortes anterior y posterior femoral. G: colocación de componente tibial cementado. H: componente definitivo femoral y anillo de polietileno

Cirugía asistida por navegador

Tras explicar las variables de alineación más importantes en la colocación de una prótesis de rodilla, paso a exponer las principales características de la cirugía navegada y qué la diferencia de la convencional.

La cirugía por navegador se introdujo por primera vez en la década de 1990 con el objetivo de ayudar al cirujano en la planificación y aumentar la precisión de los cortes durante el procedimiento, sin necesitar de imágenes de tomografía computarizada. Los sistemas de navegación toman referencias anatómicas y cinemáticas intraoperatoriamente mediante sensores infrarrojos y con sus cálculos de los ejes y ángulos femorales y tibiales ayudan al cirujano a planificar los cortes, comprobarlos in situ y evaluar su alineación postoperatoriamente (7). Su propósito ha sido siempre lograr un método sistemático de mayor precisión que la cirugía convencional. Además, facilita, mediante la técnica de equilibrio y liberación de partes blandas, una buena estabilización de la articulación (11).

Para una mejor comprensión de cómo funciona un software de navegación, a continuación se explica la técnica quirúrgica con el 'Sistema de Navegación Nanostation'. Este emplea sensores infrarrojos que determinan la posición exacta de la pierna y calculan los diferentes ejes y ángulos. Los sensores detectan la posición de 18 marcadores en total, repartidos en cuatro componentes: 3 marcadores en el componente "F" femoral, 3 marcadores en el componente

“T” tibial, 6 marcadores en el componente “P” puntero, y otros 6 en el componente “G” guía. Estos componentes se calibran previamente al inicio de la cirugía.

El componente T se coloca con dos tornillos bicorticales a una distancia de cuatro dedos de la meseta tibial. El componente F se coloca con dos tornillos bicorticales en el fémur a una distancia de cuatro dedos de la articulación.

En primer lugar se realiza la determinación de los puntos óseos de la extremidad, que permiten al navegador calcular con exactitud los ejes y ángulos mecánicos. Se determina el centro de la cabeza femoral con rotaciones de la pierna manteniendo la pelvis inmóvil. El centro del tobillo es determinado por el navegador calculando el punto medio entre el punto óseo más prominente del maléolo medial, y el punto óseo más prominente del maléolo lateral. El centro del fémur distal se determina colocando el componente P en el surco intercondilar. Deslizándolo el componente ‘P’ sobre la superficie de los cóndilos femorales, se mapea su anatomía. Es importante eliminar los osteofitos que pueda haber para no generar un error en el mapeo anatómico. El sistema de navegación ofrece la posibilidad de comprobar la calidad del mapeo y repetirlo hasta lograr un resultado adecuado. También se determinan con el componente P el centro tibial (colocando ‘P’ sobre la espina tibial) y la tuberosidad tibial anterior.

A continuación se estudia la alineación preoperatoria, midiendo el ángulo inicial patológico de varo o valgo y los ángulos mayores de flexión y extensión de la extremidad. Esto permite una comparación entre la alineación preoperatoria y la postoperatoria.

Para realizar el corte tibial, primero se planifica: con una altura de unos 9-10 milímetros estándar, y con el objetivo de 0º de varo o valgo, y 4º de pendiente tibial posterior (debido al modelo de prótesis posteroestabilizada que ya incluye 4º de inclinación contraria). Se coloca el nanobloque con el componente ‘G’ de acuerdo con el corte calculado por el navegador, se fija, y se ajusta. Después de realizar el corte, se comprueba con el cálculo objetivo inicial del navegador.

Seguidamente se comprueba el equilibrio de partes blandas analizando el espacio intraarticular en flexión y en extensión, y se estudia la alineación de la extremidad para la totalidad de su recorrido. El objetivo es lograr un espacio intraarticular rectangular que sea igual en flexión y en extensión, y con no más de 3 milímetros de diferencia entre los espacios medial y lateral.

En función de la tensión del espacio, se puede ampliar el corte tibial, y en función de la alineación con respecto al eje mecánico neutro de 180º, el navegador calcula el corte distal femoral ideal que se debe realizar. Se calcula la altura del corte, el grado de varo o valgo del

componente en el plano frontal, su inclinación en el plano sagital, y la rotación del componente femoral, buscando una alineación lo más cercana posible al eje mecánico neutro. En función del corte calculado por el navegador, se colocan, fijan, y ajustan los nanobloques, y se realiza el corte distal femoral, y los cortes anteroposteriores femorales. Este paso es comprobado de nuevo con la guía 'G' tras el corte. Cabe destacar que es el cirujano el que toma las decisiones en todo momento y utiliza el navegador como una ayuda para lograr una alineación lo más precisa posible.

Por último, tras colocar los componentes protésicos de prueba, se realiza de nuevo un estudio global de la alineación y estabilidad de la extremidad en todo su recorrido. Se comprueba que se hayan logrado los objetivos de alineación establecidos antes de la cirugía, y se comparan los datos con los recogidos preoperatoriamente (imagen 7). Finalmente, se colocan los componentes definitivos cementados y se procede con el cierre quirúrgico (12).

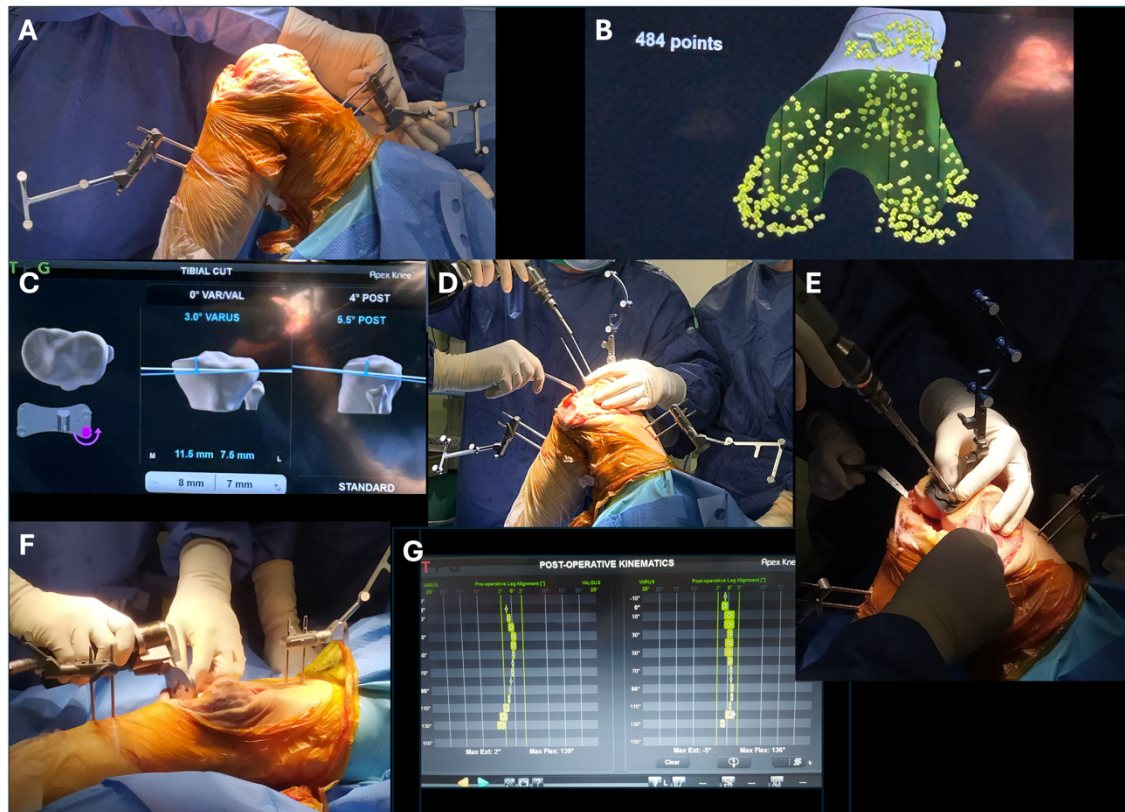


Imagen 7. Cirugía navegada: artroplastia total de rodilla

A: colocación de componente 'F' femoral y 'T' tibial. B: mapeo de la superficie articular femoral. C: planificación del corte tibial proximal. D: corte tibial. E: comprobación del corte femoral. F: valoración de la tensión de partes blandas. G: comparativa gráfica de la alineación de la extremidad antes y después de la intervención. Valora la alineación y la tensión de partes blandas.

Además de los resultados radiológicos de alineación, en este trabajo vamos a comparar otras variables entre ambos tipos de cirugía para ver si existen diferencias. Comparamos otras

variables recopiladas intraoperatoriamente y variables clínicas, funcionales y de calidad de vida en el postoperatorio.

Pérdida sanguínea

La pérdida de sangre durante la cirugía es uno de los parámetros más analizados en la bibliografía. Para calcularla se toman en consideración los niveles de hemoglobina antes de la cirugía y en el postoperatorio, el volumen de líquidos drenados intraoperatoriamente y el número de transfusiones requeridas de darse el caso.

Tiempo de cirugía

Es una variable sencilla de recopilar en los diferentes estudios analizados y de relevancia ya que una cirugía más larga se asocia con un mayor número de complicaciones.

Rango de movilidad

El rango de movilidad o de movimiento se define como el ángulo que forma la pierna en su flexión máxima con la recta que forma la pierna en máxima extensión. Fisiológicamente el rango de movilidad de la rodilla de una persona adulta promedio con buen estado de salud es de unos 135-140°. En la artrosis, por el dolor y la rigidez, es menor. Varios estudios analizan el impacto de la colocación de una artroplastia total de rodilla en el rango de movimiento, que puede mejorar unos 10° de media desde un ángulo preoperatorio de 110° de media (10).

Dolor (PROMs y EVA)

PROMs es la abreviatura en inglés de 'patients reported measures', y son una herramienta del paciente para expresar de manera subjetiva sus sensaciones y satisfacción al respecto de su situación clínica. La escala EVA de valoración del dolor clasifica la intensidad del dolor en una gradación del 1 al 10, siendo 1=ausencia de dolor, y 10=dolor máximo. Su principal inconveniente es la gran variabilidad interindividual, dependiente de la percepción y tolerancia al dolor del paciente.

2011 Knee Society Score (KSS)

La escala de la Knee Society Score de 2011 (13) es una escala de evaluación de la rodilla que utiliza indicadores objetivos, proporcionados por el cirujano, e indicadores subjetivos determinados por el paciente. El cirujano aporta la alineación (25 puntos), el grado de estabilidad (25 puntos) y el grado de movilidad articular (resta puntos según el grado de rigidez).

El paciente responde preguntas sobre varias cuestiones:

- Síntomas (25 puntos): cuánto dolor tiene al caminar, cuánto dolor padece al subir escaleras o en pendientes, y hasta qué punto nota que su rodilla se comporta de manera normal.
- Satisfacción personal (40 puntos): evalúa si está satisfecho con su capacidad para realizar diferentes actividades como sentarse, acostarse, levantarse de la cama, completar actividades domésticas, y practicar actividades recreativas en su tiempo libre.
- Expectativas (15 puntos): se pregunta si se han cumplido sus expectativas respecto al alivio de dolor, a su capacidad para retomar actividades de la vida diaria, y para realizar actividades de ocio o recreativas.
- Caminando y estando de pie (30 puntos): el paciente expresa si requiere ayudas y en qué grado, en qué medida se deben a su padecimiento de la rodilla, y cuánto tiempo puede aguantar sin ellas.
- Actividades básicas (30 puntos): qué grado de molestia le produce su rodilla al realizar diversas actividades básicas como caminar, girarse, levantarse o moverse lateralmente.
- Actividades avanzadas (30 puntos): qué grado de molestia siente en su rodilla al realizar actividades como subir escaleras, caminar sosteniendo pesos, agacharse o correr.
- Actividades recreativas (15 puntos): qué grado de molestia le produce la rodilla al paciente al realizar tres de las actividades de ocio que el paciente suele realizar.

EuroQol-5D cuestionario

Se le indica al paciente que marque con una cruz los estados siguientes que mejor se ajusten con su actual calidad de vida (tabla 3) (14).

Oxford Knee Score (OKS)

Es otra de las escalas utilizadas en la bibliografía para evaluar el estado clínico de los pacientes durante el postoperatorio, y se centra en valorar el dolor y la capacidad funcional (tabla 4) (15).

SF-36 cuestionario

Es un cuestionario de salud de 36 preguntas que buscan caracterizar el estado de salud de un individuo estudiando: la función física, el dolor corporal, la salud general, la vitalidad, la función social, el estado emocional y la salud mental. Cada pregunta tiene varias respuestas posibles, y a cada una se le asigna una puntuación. Dependiendo de la puntuación final para cada pregunta, la escala cuantifica el estado de salud (16).

Western Ontario and McMaster University Scale (WOMAC)

Se trata de una escala que evalúa el grado de osteoartritis centrando sus ítems en puntuar el grado de dolor, rigidez y la capacidad funcional. El paciente clasifica cada actividad con una puntuación de 0 a 4 puntos siendo 0=ninguna dificultad y 4=máxima dificultad (tabla 5) (17).

Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)

Evalúa mediante preguntas con cinco respuestas posibles, varios aspectos de la rodilla. La sintomatología (hinchazón, crepitación, bloqueos, movilidad), la rigidez articular (por la mañana, tras estar sentado o tumbado), el dolor (en reposo y realizando diferentes movimientos y actividades), la capacidad de realizar actividades cotidianas, recreacionales y deportivas, y la calidad de vida (18).

Hospital for Special Surgery Scale (HSS)

Evalúa mediante puntuaciones numéricas el dolor, la función y el rango de movilidad de los pacientes tras la cirugía (tabla 6) (19).

Supervivencia de las prótesis y complicaciones

La supervivencia de las prótesis totales de rodilla es de aproximadamente el 95% a los 10 años. Si la cirugía asistida por navegador modifica la supervivencia o las complicaciones postquirúrgicas respecto a la cirugía convencional, constituiría un argumento sólido en su favor para su uso sistemático.

DISCUSIÓN

Eje mecánico: ángulo cadera-rodilla-tobillo

En la mayoría de los artículos revisados, se considerará un ángulo cadera-rodilla-tobillo de 180º como 'neutro', y todas aquellas extremidades cuya alineación frontal se desvíe más de 3º de este objetivo serán consideradas 'desviaciones' (imagen 8).

La mayoría de los estudios, representando un mayor volumen de pacientes, coinciden en que la cirugía navegada mejora la alineación en el plano coronal de la extremidad en el postoperatorio (9, 10, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32). Hay diferencias estadísticamente significativas con la cirugía convencional tanto en los grados de media de alineación, como en el porcentaje de desviaciones del eje neutro.

Sin embargo otros estudios, que constituyen un volumen de pacientes menor, no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la cirugía convencional y navegada para la alineación en el plano frontal del eje cadera-rodilla-tobillo (33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41).



Imagen 8. Eje cadera-rodilla-tobillo (HKA: hip-knee-ankle)(41)

Ángulo lateral distal femoral mecánico en el plano frontal

Gran parte de los estudios determinan que la navegación es superior en cuanto a la precisión de la alineación del ángulo lateral distal femoral en términos de valor absoluto (9, 25, 28, 29, 37, 41, 42) y en términos de porcentaje de prótesis desviadas menos de 3º en este ángulo (20, 23, 24, 27, 32, 33).

En contraparte, otros autores defienden que no existen diferencias entre ambos tipos de cirugías para la alineación del corte femoral distal (21, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 43, 44).

Ángulo medial proximal tibial mecánico en el plano frontal

Del mismo modo que para el ángulo distal femoral, existe un consenso entre los resultados de muchos estudios que defiende que la navegación mejora la precisión del corte, y reduce la cantidad de desviaciones (21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 42, 45).

No obstante, algunos estudios discrepan de estas conclusiones ya que no han hallado diferencias estadísticamente significativas entre la cirugía navegada y la convencional para la precisión de este ángulo (9, 20, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 44).

Ángulo distal femoral en el plano sagital

En este caso, los resultados de los diversos estudios se dividen entre los que si objetivaron diferencias estadísticamente significativas entre la cirugía navegada y la convencional (9, 24, 25, 34, 46, 47), y los que no (27, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44).

Ángulo proximal tibial en el plano sagital

Nuevamente, los resultados de los diversos estudios se dividen entre los que si dieron con diferencias estadísticamente significativas entre la cirugía navegada y la convencional (24, 25, 27, 34, 42), y los que no (9, , 36, 37, 39, 40, 41, 44).

Equilibrio de partes blandas

Lee et al (9) hallaron diferencias entre ambos tipos de cirugía para el equilibrio de partes blandas. Se calculó una menor disconformidad entre el 'espacio medial en flexión' y el 'espacio medial en extensión' en el grupo de cirugía navegada, en comparación con el grupo de cirugía convencional. Además, para el equilibrio ligamentoso en su conjunto, el grupo de navegación presentó un porcentaje de desviaciones o espacios articulares trapezoidales significativamente menor que el grupo convencional.

Pérdida sanguínea / transfusiones

La mayoría de los estudios coinciden en que no existen diferencias estadísticamente significativas en el sangrado entre ambos tipos de cirugías (27, 35, 37, 38, 48, 49, 50), aunque en un par de estudios sí que encontraron diferencias, siendo el sangrado menor en la cirugía navegada (9, 24).

Tiempo de cirugía

Por norma general el tiempo quirúrgico es un dato recogido en todos los estudios comparativos entre artroplastias convencionales y navegadas. Con frecuencia las cirugías navegadas son más largas que las convencionales, demostrando una diferencia estadísticamente significativa. Seguramente se deba a que la navegación requiere del uso de un sistema novedoso y complejo con una curva de aprendizaje de múltiples operaciones (9, 20, 25, 32, 33, 34, 38,). Si bien es cierto que cirujanos más experimentados en su uso logran resultados de tiempos de cirugía sin diferencias (23, 27, 41) o incluso más rápidas (24, 35) empleando el sistema de navegación.

Rango de movilidad

La gran mayoría de la bibliografía coincide en que no existen diferencias estadísticamente significativas en el rango de movilidad entre la cirugía convencional y la navegada en diversas etapas del seguimiento postoperatorio (9, 10, 22, 31, 34, 36, 39, 41, 51). Si bien hay estudios que matizan que en las semanas iniciales de la rehabilitación las prótesis colocadas mediante cirugía navegada tienen mejor movilidad (22).

Por otro lado dos estudios obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en el rango de movilidad entre ambos grupos, siendo mejor en la serie de cirugía asistida por navegador (25, 40).

Dolor

No se han hallado diferencias estadísticamente significativas en el grado de dolor postoperatorio entre prótesis intervenidas mediante técnica convencional, y prótesis intervenidas por navegación (33, 39).

2011 Knee Society Score

Para los estudios que han analizado los resultados de esta escala en el postoperatorio a los tres, cuatro, cinco, ocho y diez años, no existen diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los ítems mencionados que dependa de que la cirugía fuera convencional o mediante navegación (9, 21, 22, 25, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 44, 51, 52, 53).

EuroQOL-5D questionnaire

Los dos estudios que analizan los resultados del EuroQol-5D determinan que no existen diferencias entre las prótesis navegadas y convencionales a los 20 meses (52) ni a los 10 años (53) de postoperatorio.

Oxford Knee Score

No existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos de tratamiento durante diez años de seguimiento postoperatorio para esta escala (25, 31, 35, 36, 51,).

SF-36

No existen diferencias en esta escala entre los dos tipos de cirugía (9, 31).

Western Ontario and McMaster University Scale

No existen diferencias en esta escala y sus subescalas (dolor, rigidez y función) entre los dos tipos de cirugía (9, 21, 39, 40, 54).

Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score

El único estudio que analiza esta escala determina que no existen diferencias entre ambos grupos (54).

Hospital for Special Surgery scale

Para HSS, no existen diferencias entre las prótesis operadas con cirugía convencional y navegada (9, 10, 40, 55).

Supervivencia de la prótesis y Complicaciones

Toda la bibliografía analizada coincide en que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las prótesis colocadas mediante cirugía convencional y cirugía navegada para el número de complicaciones y su tipo (9, 20, 28, 31, 33, 34, 37, 38, 39, 40, 45, 51, 53, 54, 55, 56).

Tampoco se encontraron diferencias en la supervivencia de las prótesis dependiendo del tipo de cirugía a los 7 años (40), 8 años (28) y a los 10 años (51, 53) de seguimiento.

La navegación mejora los resultados de alineación, presentando mejorías estadísticamente significativas respecto a la cirugía convencional para diferentes ejes y ángulos. No obstante algunas de las publicaciones analizadas se componen de series con pocos casos, a veces con un número de prótesis estudiadas inferior a cien. Esto constituye una limitación a los resultados obtenidos en esta revisión, y constituye un argumento a favor para que se siga investigando la utilidad de la navegación respecto a la cirugía convencional en el futuro.

CONCLUSIONES

Tras la comparativa variable por variable de todas las publicaciones recopiladas a través de la búsqueda bibliográfica, podemos determinar lo siguiente:

1. La cirugía asistida por navegación logra una mejor alineación del eje mecánico de la extremidad, aunque algunos autores no encuentran diferencias con la cirugía convencional. Del mismo modo, para el resto de los ángulos que determinan la alineación de la prótesis, los resultados de la navegación son más precisos, aunque algunos estudios no encuentran diferencias significativas. Además de mayor precisión en los cortes, la navegación también mejora el equilibrio de partes blandas respecto a la cirugía convencional.
2. A pesar de la superioridad de la navegación en la precisión de los resultados radiológicos, los resultados clínicos de los pacientes de ambos grupos de tratamiento no presentan diferencias para ninguna de las escalas estudiadas. No hay diferencias en el dolor, en el rango de movimiento ni en la capacidad funcional de los pacientes a lo largo de su postoperatorio, por lo que es controvertido determinar que la cirugía navegada es superior a la convencional al no demostrar una clara mejoría en los parámetros clínicos.
3. Tampoco hay diferencias en la supervivencia de las prótesis ni en el número y grado de las complicaciones.
4. Un inconveniente de la cirugía navegada es la mayor duración de las operaciones, aunque la práctica con el sistema puede hacer desaparecer este problema.
5. La cirugía navegada es superior a la convencional en determinados escenarios, como grandes deformidades preoperatorias, material de osteosíntesis presente en la extremidad, o cualquier situación que dificulte el uso de guías intramedulares.
6. Por ello a pesar de no demostrar claras ventajas respecto a la cirugía convencional para la colocación de artroplastias totales de rodilla primarias, la cirugía navegada es una herramienta útil con muchas posibilidades y que merece la pena seguir desarrollando en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

1. Martínez R, Martínez C, Calvo R. Osteoartritis (artrosis) de rodilla. 2015; 56(3).
2. Altman R, Asch E, Bloch D, Bole G, Borenstein D, Brandt K, et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis: Classification of osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum.* 1986; 29: 1039-1049.
3. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis.* 1957;16, pp. 494-502.
4. Jaime-duboy U. Prótesis total y unicompartmental en el manejo de artrosis grave de rodilla. *Revista Médica Clínica Las Condes.* 2014;25(5), 780–785.
5. Kane RL, Saleh KJ, Wilt TJ, Bershadsky B, Cross WW 3rd, MacDonald RM, Rutks I. Total knee replacement. *Evid Rep Technol Assess (Summ).* 2003 Dec;(86):1-8.
6. Ortega-Andreu M, Barco-Laakso R, Rodríguez-Merchan EC. Artroplastia total de rodilla. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2002;46(5), 476–484.
7. Hinarejos Gómez P. Técnica quirúrgica para cirugía protésica de rodilla. 2017;26.
8. Strecker W. Análisis para la corrección de las deformidades óseas adyacentes a la rodilla. *Deformidades en el plano frontal (I). Técnicas Quirúrgicas En Ortopedia y Traumatología.* 2007;16(4), 227–236.
9. Hsu RWW, Hsu WH, Shen WJ, Hsu WB, Chang SH. Comparison of computer-assisted navigation and conventional instrumentation for bilateral total knee arthroplasty: The outcomes at mid-term follow-up. *Medicine (United States).* 2019;98(47).
10. Lee DH, Park JH, Song DI, Padhy D, Jeong WK, Han SB. Accuracy of soft tissue balancing in TKA: Comparison between navigation-assisted gap balancing and conventional measured resection. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(3), 381–387.
11. Martín-Hernández C, Sanz-Sainz M, Revenga-Giertych C, Hernández-Vaquero D, Fernández-Carreira JM, Albareda-Albareda J, et al. Navigated versus conventional total knee arthroplasty: A prospective study at three years follow-up. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol (Engl Ed).* 2018 Jul-Aug;62(4):282-289. English, Spanish.
12. Navegación, S. D. E. (MBA). Sistema de navegación. Disponible en: <https://sectorteruel.salud.aragon.es/documentos/quiroyenf/TRAUMATOLOGIA/TECNICAS%20QUIRURGICAS/MBA%20TQ/RODILLA/Apex%20navegada%20nanostation.pdf>
13. Manual R. 2011 Knee Society Knee Scoring System | Licensed User Manual The 2011 Knee Society Knee Scoring System© LICENCED USER MANUAL. The Knee Society, (December). 2011.
14. Herdman M, Badia X, Berra S. El EuroQol-5D: una alternativa sencilla para la medición de la calidad de vida relacionada con la salud en atención primaria. *Aten Primaria.* 2001;28(6), 425–430.
15. Martín-Fernández J, García-Maroto R, Sánchez-Jiménez FJ, Bau-González A, Valencia-García H, Gutiérrez-Teira B, et al. Validation of the Spanish version of the Oxford knee score and assessment of its utility to characterize quality of life of patients suffering from knee osteoarthritis: A multicentric study. *Health Qual Life Outcomes.* 2017;15(1), 1–11.
16. Vilagut G, Ferrer M, Rajmil L, Rebollo P, Permanyer-Miralda G, Quintana JM, et al. El Cuestionario de Salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos. *Gac Sanit.* 2005;19(2), 135–150.
17. Batlle-Gualda E, Esteve-Vives J, Piera Riera MC, Hargreaves R, Cutts J. Traducción y adaptación al español del cuestionario WOMAC específico para artrosis de rodilla y cadera. *Rev Esp Reumatol.* 1999;26(2), 0.
18. Roos EM, Lohmander LS. The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): from joint injury to osteoarthritis. *Health Qual Life Outcomes.* 2003 Nov 3;1:64.
19. Scale SSK, Pain CP, Strength M, Deformity F. Supplemental file Hospital for Special Surgery Knee-Rating Scale (HSS) Hamilton Anxiety Rating Scale (HAMA), 5–10.
20. Maderbacher G, Schaumburger J, Keshmiri A, Barthel M, Springorum HR, Craiovan B, et al. Pinless navigation in total knee arthroplasty: Navigation reduced by the maximum? *Int Orthop.* 2015;39(3), 455–460.
21. Selvanayagam R, Kumar V, Malhotra R, Srivastava DN, Digge VK. A prospective randomized study comparing navigation versus conventional total knee arthroplasty. *J Orthop Surg.* 2019;27(2), 1–6.

22. Zhang XL, Zhang W, Shao JJ. Rotational alignment in total knee arthroplasty: Nonimage-based navigation system versus conventional technique. *Chin Med J*. 2012;125(2), 236–243.
23. Chen JY, Chin PL, Li Z, Yew AKS, Tay DKJ, Chia SL, et al. Radiological outcomes of pinless navigation in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(12), 3556–3562.
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(8), 12192–12201.
25. Yu X, Chen G, Li Z, Xu R, She Y, Zhang X, Zhang H. Alignment results of infrared computer-assisted navigation of total knee arthroplasty for end-stage knee osteoarthritis. *Am J Transl Res*. 2020;12(8), 4772–4780.
26. Zahn RK, Graef F, Conrad JL, Renner L, Perka C, Hommel H. Accuracy of tibial positioning in the frontal plane: a prospective study comparing conventional and innovative techniques in total knee arthroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020;140(6), 793–800.
27. Thiengwittayaporn S, Fusakul Y, Kangkano N, Jarupongprapa C, Charoenphandhu N. Hand-held navigation may improve accuracy in minimally invasive total knee arthroplasty: a prospective randomized controlled trial. *Int Orthop*. 2016;40(1), 51–57.
28. 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(12), 3436–3442.
29. Hernández-Vaquero D, Suarez-Vazquez A, Sandoval-Garcia MA, Noriega-Fernandez A. Computer assistance increases precision of component placement in total knee arthroplasty with articular deformity. *Clin Orthop Relat Res*. 2010;468(5), 1237–1241.
30. He M, Zhang H, Hu P, Jing L, Shan P. Micro Electromechanical System Navigation Assists Femoral Extramedullary Alignment Osteotomy in Total Knee Arthroplasty: A Single-Blind Randomizing Study. *Orthop Surg*. 2023;15(11), 2786–2793.
31. Pang HN, Yeo SJ, Chong HC, Chin PL, Ong J, Lo NN. Computer-assisted gap balancing technique improves outcome in total knee arthroplasty, compared with conventional measured resection technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011;19(9), 1496–1503.
32. Li J, Gao X, Li X. Comparison of iASSIST Navigation System with Conventional Techniques in Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis of Radiographic and Clinical Outcomes. *Orthop Surg*. 2019;11(6), 985–993.
33. Schmitt J, Hauk C, Kienapfel H, Pfeiffer M, Efe T, Fuchs-Winkelmann S, Heyse TJ. Navigation of total knee arthroplasty: Rotation of components and clinical results in a prospectively randomized study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2011;12(1), 16.
34. Thiengwittayaporn S, Kanjanapiboonwong A, Junsee D. Midterm outcomes of electromagnetic computer-assisted navigation in minimally invasive total knee arthroplasty. *J Orthop Surg Res*. 2013;8(1), 1.
35. Swamy AM, Malhotra R, Digge V, Manhas V, Gautam D, Srivastava DN. Accelerometer-based portable navigation, a faster guide compared to computer-assisted navigation in bilateral total knee arthroplasty—a randomized controlled study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2023;31(3), 786–792.
36. 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(12), 3637–3645.
37. Yen SH, Lin PC, Wang JW. Comparison of the radiographic outcomes and total blood loss between pinless navigation and conventional method in minimally invasive total knee arthroplasty. *J Orthop Surg Res*. 2023;18(1), 1–8.
38. Xu X, Liu P, Yuan Z, Wang D, Lu Q, Zhang Z, et al. Comparison of a novel handheld accelerometer-based navigation system and conventional instrument for performing distal femoral resection in total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. *Ann Transl Med*. 2019;7(22), 659–659.
39. Kim YH, Park JW, Kim JS. 2017 Chitranjan S. Ranawat Award: Does Computer Navigation in Knee Arthroplasty Improve Functional Outcomes in Young Patients? A Randomized Study. *Clin Orthop Relat Res*. 2018;476(1), 6–15.
40. Todesca A, Garro L, Penna M, Bejui-Hugues J. Conventional versus computer-navigated TKA: a prospective randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2017;25(6), 1778–1783.

41. Narkbunnam R, Pornrattanamaneewong C, Ruangsomboon P, Chareancholvanich K. Alignment accuracy and functional outcomes between hand-held navigation and conventional instruments in TKA: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022;23(1), 1–8.
42. Zhang YZ, Lu S, Zhang HQ, Jin ZM, Zhao JM, Huang J, Zhang ZF. Alignment of the lower extremity mechanical axis by computer-aided design and application in total knee arthroplasty. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2016;11(10), 1881–1890.
43. Kobayashi H, Akamatsu Y, Kumagai K, Kusayama Y, Aratake M, Saito T. Influence of coronal bowing on the lower alignment and the positioning of component in navigation and conventional total knee arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103(2), 251–256.
44. Allen CL, Hooper GJ, Oram BJ, Wells JE. Does computer-assisted total knee arthroplasty improve the overall component position and patient function? *Int Orthop.* 2014;38(2), 251–257.
45. Nam D, Weeks KD, Reinhardt KR, Nawabi DH, Cross MB, Mayman DJ. Accelerometer-based, portable navigation vs imageless, large-console computer-assisted navigation in total knee arthroplasty: a comparison of radiographic results. *J Arthroplasty.* 2013 Feb;28(2):255–61.
46. Lee SH, Cho YJ, Choi WK. Comparison of femoral sagittal axis between navigated total knee arthroplasty and conventional total knee arthroplasty in patients with knee osteoarthritis. *Medicine (United States).* 2022;101(33), E30085.
47. Zhang Q, Pan J, Liu K, Liu D, Kong G. Effect of Computer-guided Operations on Improving the Distal Femoral Flexion Angle on the Sagittal Placement of Femoral Prosthesis in Total Knee Arthroplasty.
48. Mitsiou D, Pakos EE, Papadopoulos DV, Georgiadis G, Gelalis ID, Tsantes AG, et al. Is TKA with computer-assisted navigation associated with less blood loss? A comparative study between computer-navigated and conventional method. *J Orthop.* 2020;20(Dec2019), 50–53.
49. Jarusriwanna A, Pornrattanamaneewong C, Narkbunnam R, Ruangsomboon P, Thitithapana P, Chareancholvanich K. Does the accelerometer-based navigation system reduce blood loss and transfusion in one-stage sequential bilateral total knee arthroplasty? A randomized double-blind controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2023;24(1), 1–8.
50. Singla A, Malhotra R, Kumar V, Lekha C, Karthikeyan G, Malik V. A randomized controlled study to compare the total and hidden blood loss in computer-assisted surgery and conventional surgical technique of total knee replacement. *Clin Orthop Surg.* 2015;7(2), 211–216.
51. Farhan-Alanie OM, Altell T, O'Donnell S, May P, Doonan J, Rowe P, et al. No advantage with navigated versus conventional mechanically aligned total knee arthroplasty—10 year results of a randomised controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2023;31(3), 751–759.
52. Lützner J, Günther KP, Kirschner S. Functional outcome after computer-assisted versus conventional total knee arthroplasty: A randomized controlled study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(10), 1339–1344.
53. Beyer F, Pape A, Lützner C, Kirschner S, Lützner J. Similar outcomes in computer-assisted and conventional total knee arthroplasty: ten-year results of a prospective randomized study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22(1), 1–8.
54. Ali SF, Gharaibeh MA, Wood JA, Chen DB, MacDessi SJ. No difference in clinical outcomes between portable navigation and conventional instrumentation in total knee arthroplasty: A randomised trial. *ANZ J Surg.* 2021;91(9), 1914–1918.
55. Bejek Z, Paróczai R, Szendrői M, Kiss RM. Gait analysis following TKA: Comparison of conventional technique, computer-assisted navigation and minimally invasive technique combined with computer-assisted navigation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(2), 285–291.
56. Alarcon-Perico D, Guarin-Perez SF, Lee SH, Warne CN, Hadley M, Taunton MJ, Sierra RJ. Total knee replacement with an accelerometer-based, hand-held navigation system improves knee alignment: reliable in all patients. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2024;4125–4132.

ANEXO: TABLAS

Tabla 3. EuroQuol-5D questionnaire

Movilidad	No tengo problemas de movilidad
	Tengo algunos problemas para caminar
	Tengo que estar en la cama
Autocuidado	No tengo problemas con el cuidado personal
	Tengo algunos problemas para lavarme o vestirme
	Soy incapaz de lavarme o vestirme
Actividades cotidianas	No tengo problemas para realizar mis actividades cotidianas
	Tengo algunos problemas para realizar mis actividades cotidianas
	Soy incapaz de realizar mis actividades cotidianas
Dolor/malestar	No tengo dolor ni malestar
	Tengo moderado dolor o malestar
	Tengo mucho dolor o malestar
Ansiedad / depresión	No estoy ansioso ni deprimido
	Estoy moderadamente ansioso o deprimido
	Estoy muy ansioso o deprimido

Tabla 4. Oxford Knee Score

1-Durante las últimas 4 semanas, ¿cómo describiría el dolor que tiene normalmente debido a su rodilla?				
Ninguno	Muy leve	Leve	Moderado	Grave
2-Durante las últimas 4 semanas, ¿ha tenido algún problema para lavarse y secarse debido a su rodilla?				
Ningún problema	Muy pocos problemas	Problemas moderados	Dificultad extrema	Imposible hacerlo
3-Durante las últimas 4 semanas, ¿ha tenido algún problema para subir y bajar de un coche o para usar el transporte público debido a su rodilla?				
Ningún problema	Muy pocos problemas	Problemas moderados	Dificultad extrema	Imposible hacerlo
4-Durante las últimas 4 semanas, ¿durante cuánto tiempo ha podido andar antes de que el dolor debido a su rodilla se volviera grave?				
Sin dolor / +30 minutos	16 a 30 minutos	5 a 15 minutos	Solo por casa	Nada / dolor grave al caminar
5-Durante las últimas 4 semanas, tras una comida, ¿en qué medida le ha resultado doloroso levantarse de la silla debido a su rodilla?				
Nada doloroso	Ligeramente doloroso	Moderadamente doloroso	Muy doloroso	Insoportable
6-Durante las últimas 4 semanas, ¿ha estado cojeando al andar debido a su rodilla?				
Rara vez / nunca	A veces, o solo al principio	Con frecuencia, no solo al principio	La mayoría del tiempo	Todo el tiempo
7-Durante las últimas 4 semanas, ¿podía arrodillarse y levantarse de nuevo después?				
Si, fácilmente	Con poca dificultad	Con dificultad moderada	Con extrema dificultad	No, imposible
8-Durante las últimas 4 semanas, ¿le ha molestado el dolor debido a la rodilla en la cama por la noche?				
Ninguna noche	Solo 1 o 2 noches	Algunas noches	La mayoría de noches	Todas las noches
9-Durante las últimas 4 semanas, ¿en qué medida ha interferido su dolor debido a la rodilla con su trabajo habitual?				
Nada	Un poco	Moderadamente	Mucho	Totalmente

10-Durante las últimas 4 semanas, ¿ha sentido que su rodilla podría no responderle o no soportar su peso repentinamente?				
Rara vez / nunca	A veces, o solo al principio	Con frecuencia, no solo al principio	La mayoría del tiempo	Todo el tiempo
11-Durante las últimas 4 semanas, ¿podía hacer la compra para su casa usted solo/a?				
Si, fácilmente	Con poca dificultad	Con dificultad moderada	Con extrema dificultad	No, imposible
12-Durante las últimas 4 semanas, ¿podía bajar un tramo de escaleras?				
Si, fácilmente	Con poca dificultad	Con dificultad moderada	Con extrema dificultad	No, imposible

Tabla 5. Western Ontario and McMaster University Scale

Dolor	Andar	0	1	2	3	4
	Subir escaleras	0	1	2	3	4
	Nocturno	0	1	2	3	4
	Descansando	0	1	2	3	4
	Levantando peso	0	1	2	3	4
Rigidez	Rigidez matutina	0	1	2	3	4
	Rigidez durante el transcurso del día	0	1	2	3	4
Función física	Bajando escaleras	0	1	2	3	4
	Subiendo escaleras	0	1	2	3	4
	Levantándose desde posición sentada	0	1	2	3	4
	Agachándose	0	1	2	3	4
	Andando en superficie plana	0	1	2	3	4
	Entrando o saliendo del coche	0	1	2	3	4
	Yendo de compras	0	1	2	3	4
	Poniéndose calcetines	0	1	2	3	4
	Tumbado en la cama	0	1	2	3	4
	Quitándose calcetines	0	1	2	3	4
	Levantándose de la cama	0	1	2	3	4
	Entrando y saliendo de la ducha	0	1	2	3	4
	Sentándose	0	1	2	3	4
	Utilizando el retrete	0	1	2	3	4
	Tareas domésticas pesadas	0	1	2	3	4
	Tareas domésticas ligeras	0	1	2	3	4

Tabla 6. Hospital for Special Surgery scale

Dolor (30 puntos)	
A1-Sin dolor andando	15
A2-Dolor suave andando	10
A3-Dolor moderado andando	5
A4-Dolor severo andando	0
B1-Sin dolor descansando	15
B2-Dolor suave descansando	10
B3-Dolor moderado descansando	5
B4-Dolor severo descansando	0
Función (22 puntos)	
C1-en bipedestación y caminando sin limitaciones	12
C2-Caminar más de 750m en el exterior y estar de pie más de 30 minutos	10
C3-Caminar más de 350m en el exterior y estar de pie menos de 30 minutos	8
C4-Caminar en interiores y estar de pie brevemente	4
C5-Imposibilidad para caminar	0

D1-Subir escaleras	5
D2-Subir escaleras con ayuda	2
E1-Desplazamiento sin soporte	5
E2-Necesita soporte/ayuda para desplazarse	2
Rango de Movimiento (18 puntos)	
1 punto por cada 8° de arco, siendo 18 puntos el máximo.	0-18