



Facultad de Medicina  
**Universidad** Zaragoza

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

## CIRUGÍA NAVEGADA EN ARTROPLASTIA TOTAL DE RODILLA

## COMPUTER-ASSISTED TOTAL KNEE ARTHROPLASTY

AUTOR

***PABLO SAMPIETRO BUIL***

DIRECTOR

***JORGE ALBAREDA ALBAREDA***

***Departamento: Cirugía, obstetricia y ginecología.***



**Universidad** Zaragoza



Facultad de Medicina  
**Universidad** Zaragoza

**2019 - 2020**

## GRADO EN MEDICINA

## TRABAJO DE FIN DE GRADO

**Título:** Cirugía navegada en artroplastia total de rodilla.

**Autor:** D. Pablo Sampietro Buil.

**Tutor:** Dr. Jorge Albareda Albareda.

**Ponente:** D. Pablo Sampietro Buil.

## ABREVIATURAS

- AINES: antiinflamatorios no esteroideos.
- AKS o KSS: knee society score.
- ATR: artroplastia total de rodilla
- CR: cruciate retainig
- IL-1 $\beta$ : interleucina 1-beta
- LCA: ligamento cruzado anterior
- LCP: ligamento cruzado posterior
- LLI: ligamento lateral interno
- NO: óxido nítrico
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- OPG: osteoprotegerina.
- PS: posterior stabilized
- RNM: resonancia magnética.
- TC: tomografía computarizada
- TKA: total knee arthroplasty
- TNF $\alpha$ : factor de necrosis tumoral alfa
- UC: ultracongruent

## RESUMEN

**Introducción.** La artroplastia total de rodilla (ATR) es el tratamiento de elección para la artrosis refractaria al tratamiento médico. La cirugía navegada plantea una mejora en la alineación de la prótesis y una angulación más precisa.

**Objetivo.** El objetivo del trabajo es establecer los beneficios de la cirugía navegada de rodilla frente a la artroplastia convencional basándonos en criterios clínicos y radiológicos a corto, medio y largo plazo.

**Metodología.** Se realizó una búsqueda sistemática en la base de datos PubMed sobre diferentes estudios que evalúan la ATR y la cirugía navegada de rodilla. Esta revisión incluye metaanálisis, estudios prospectivos, retrospectivos y una revisión sistemática desde 2014 hasta 2019.

**Resultados.** La navegación tiene mejores resultados en cuanto a la alineación de la extremidad y la estabilidad de esta, sin encontrar diferencias significativas en la clínica.

**Conclusiones.** Son necesarios estudios prospectivos con un seguimiento más a largo plazo para demostrar los beneficios en cuanto a los resultados funcionales de la cirugía navegada.

**Palabras clave.** Artroplastia total de rodilla, cirugía asistida por ordenador, artroplastia navegada de rodilla, navegación, resultados funcionales.

## ABSTRACT

**Introduction.** Total knee arthroplasty is the gold standard treatment when pharmacological treatment does not success. Computer-assisted total arthroplasty may improve postoperative implantation accuracy and better implant alignment.

**Purpose.** The aim of this study is to assess the benefits of the Computer-Assisted total arthroplasty versus the total knee arthroplasty, based on clinical and radiological outcomes.

**Methods.** A systematic research was conducted using PubMed database based on the evaluation TKA versus computer-Assisted total arthroplasty. This review includes meta-analyses, prospective randomized trial, retrospective studies and a systematic review.

**Results.** Computer-assisted total knee arthroplasty (CAS-TKA) produced better alignment outcomes but there were no significant differences in the clinical outcomes.

**Conclusions.** More prospective studies with longer-term follow up are required to support the navigated surgery's outcomes.

**Key words.** Total knee arthroplasty, Computer-Assisted total arthroplasty, computer-assisted TKA, navigation, TKA, functional outcome,

## ÍNDICE.

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
1.1. Definición de la artrosis.....	8
1.2. Definición artrosis de rodilla.....	8
1.3. Epidemiología de la artrosis.....	9
1.4. Epidemiología de la artrosis de rodilla.....	9
1.5. Etiopatogenia de la artrosis.....	9
1.6. Tratamiento quirúrgico. Artroplastia total de rodilla.....	11
1.7. Indicaciones de ATR.....	12
1.8. Técnica quirúrgica de ATR tradicional.....	12
1.9. Técnica quirúrgica de ATR mediante navegación.....	15
<b>2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.1. Hipótesis.....	17
2.2. Objetivo.....	17
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
3.1. Perfil de búsqueda.....	18
3.2. Criterios de inclusión y exclusión.....	18
3.2.1. Criterios de inclusión.....	19
3.2.2. Criterios de exclusión.....	19
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>21</b>
4.1. Estudios incluidos.....	21
4.2. Diseño.....	21
4.3. Procedencia.....	22
4.4. Tamaño muestral.....	23
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	<b>24</b>
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>28</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>29</b>

## INDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1.</b> .....	13
<b>Figura 2.</b> .....	13
<b>Figura 3.</b> .....	15
<b>Figura 4.</b> .....	15
<b>Figura 5.</b> .....	16
<b>Figura 6.</b> .....	16
<b>Figura 7.</b> .....	16
<b>Figura 8.</b> .....	16
<b>Figura 9.</b> .....	20

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Definición de la artrosis.

---

La principal indicación de artroplastia total de rodilla (ATR) es la artrosis bicompartimental o tricompartmental refractaria a tratamiento médico e incapacitante para el paciente. De forma secundaria la enfermedad articular inflamatoria y de forma mucho menos frecuente debido a fracturas, infecciones o fracaso de cirugías previas. <sup>(1)</sup>

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la artrosis como una enfermedad sistémica, que consiste en un proceso degenerativo articular producido por unos trastornos mecánicos y biológicos que desestabilizan el equilibrio entre la síntesis y la degradación del cartílago articular, lo que conlleva una estimulación del crecimiento del hueso subcondral.

Esta patología, que afecta a las diferentes estructuras articulares. Se caracteriza por la presencia de un dolor mecánico, desencadenado con el movimiento, que mejora con el reposo, rigidez matutina de corta duración, limitación del movimiento, crepitación y, en ocasiones, derrame articular. La articulación es una unidad funcional integrada por diferentes tejidos, entre los que destacan el cartílago, la membrana sinovial y el hueso subcondral, todos ellos implicados en la patogenia de la enfermedad. Es decir, en la destrucción de cartílago, sinovitis y alteraciones del hueso subcondral, lo que provoca un remodelado óseo con esclerosis subcondral, osteofitos y osteonecrosis focal. <sup>(2)</sup>

## 1.2. Definición artrosis de rodilla.

---

La rodilla es una articulación con tres compartimentos, dos femorotibiales y uno femoropatelar, todas tapizadas de cartílago articular. La artrosis de rodilla es un proceso degenerativo que puede afectar a uno o varios de los compartimentos de la rodilla, que condiciona un deterioro paulatino de la articulación, hecho que permite diferenciarla de otras patologías que afectan a la totalidad de la articulación. <sup>(1)</sup>

### **1.3. Epidemiología de la artrosis.**

---

La artrosis se encuentra entre las 5 enfermedades más frecuentes que padece la población mayor de 14 años. <sup>(3)</sup> En España la población afectada por artrosis asciende a un 10%, lo que se traduce en un 25% de las consultas de reumatología <sup>(2)</sup> y es un grupo importante de pacientes tratados en las consultas de cirugía ortopédica.

### **1.4 Epidemiología de la artrosis de rodilla.**

---

El estudio EPISER revela que un 10,2% de la población padece artrosis de rodilla, diferencia un 5,7% en varones y la cifra en mujeres asciende a un 14%.

Existe un predominio del sexo femenino frente al masculino de hasta 3:1 en mayores de 60 años.

Diversos estudios afirman que hasta un 50% de la población por encima de los 50 años presenta cambios radiográficos compatibles con la artrosis de rodilla, siendo más prevalente a partir de los 55 años. En un 20% de la población mayor de 40 años existe una discordancia entre la clínica y la radiología. Se diferencia un predominio femoropatelar en mujeres y tibio femoral en hombres.

Se presenta de manera bilateral, y se deben descartar otras causas cuando la presentación es únicamente unilateral. <sup>(2)</sup>

### **1.5. Etiopatogenia de la artrosis.**

---

En el cartílago articular se produce una disminución de condrocitos, que junto con otros mediadores contribuyen a la degradación progresiva de la articulación. El NO (óxido nítrico), el factor de necrosis tumoral alfa (TNF $\alpha$ ) y la interleucina 1-beta (IL-1 $\beta$ ) favorecen la activación de proenzimas proteolíticas como lo son las metaloproteasas y cisteinoproteasas las cuales producen el estímulo enzimático que desencadena la eliminación de la matriz extracelular lo que conlleva fisuración y destrucción del cartílago. Existe un componente inflamatorio en la membrana sinovial que sufre una hiperplasia e infiltración de células mononucleares, se manifiesta como tumor, calor y rubor local, que está posiblemente relacionado con la cronificación y progresión de la patología.

Los defectos de mineralización que se aprecian en el hueso subcondral son previos a la aparición de los osteofitos tanto en el cartílago como en la membrana sinovial. La reabsorción ósea que se produce en la artrosis es debida a una alteración en el eje RANK-RANK ligando-osteoprotegerina (OPG) a favor del ligando RANK.

Se han descrito diferentes factores de riesgo que pueden estar implicados en la aparición y progresión de la artrosis. Diferenciamos los factores generales, algunos de ellos modificables, y los locales. Entre los factores generales no modificables encontramos la edad y el sexo. En lo referente a la edad, existe un claro aumento de la incidencia de la enfermedad según aumentan los años del paciente, es raro encontrar artrosis primaria en menores de 40 años. En cuanto al sexo, es una entidad más prevalente en hombres menores de 45 años y en mujeres por encima de 55, consecuencia de factores genéticos, hormonales y ambientales. Entre los factores de riesgo generales modificables destaca la obesidad, correlacionada en numerosos estudios con la artrosis clínica y radiológicamente significativa, condicionando peores resultados en las cirugías de recambio articular. Otros factores como pueden ser los factores hormonales, la debilidad muscular, los factores nutricionales o la densidad de mineralización ósea interaccionan entre sí deteriorando el cartílago articular, lo que como hemos comentado anteriormente lleva a una reacción proliferativa del hueso subcondral e inflamación de la membrana sinovial. Existen factores de riesgo locales de entre los que destacan las anomalías articulares previas, incluyendo dentro de estas las anomalías congénitas, displasias, defectos de alineación, traumatismos y laxitud articular. Pero, sobre todo, se debe de tener siempre en cuenta la sobrecarga articular que pueden haber sufrido debido a un ejercicio físico de alta intensidad y el deporte de alta competición, que condiciona el sobreuso y traumatismos de repetición que a su vez aceleran el desarrollo de la artrosis. Se han descrito múltiples actividades laborales que se relacionan con la artrosis de diferentes localizaciones en función del uso repetido de una acción. <sup>(2)</sup>

Debemos considerar todos estos elementos a la hora de hacer la historia clínica al paciente, pues será en lo que nos basemos junto a la radiología para establecer un diagnóstico, así como para instaurar un plan de tratamiento inicial,

dónde no estará contemplado en primera línea la cirugía, sino que quedará reservada a los pacientes en los que el tratamiento médico no surta efecto.

## **1.6. Tratamiento quirúrgico. Artroplastia total de rodilla.**

---

El primer escalón de tratamiento es la terapia farmacológica, con el que se trata de mejorar la calidad de vida de los pacientes y disminuir el dolor que padecen. Se utilizan los analgésicos no esteroideos (AINES) y analgésicos de acción rápida para reducir el dolor y fármacos de acción lenta para, además de controlar el dolor, preservar el cartílago y detener la evolución de la enfermedad. Una vez el tratamiento médico no consigue sus objetivos se debe proponer el tratamiento quirúrgico.

La ATR es uno de los procedimientos quirúrgicos en los cuales se obtiene tanto un mayor índice de satisfacción como unos buenos resultados funcionales a corto, medio y largo plazo. Los objetivos fundamentales son eliminar el dolor, alcanzar un máximo grado de movilidad articular tras la intervención y mantener una adecuada estabilidad articular traduciéndose todo esto en una mejora de la capacidad de deambulación en el paciente. <sup>(1)</sup>

Actualmente el paradigma está cambiando y no se puede limitar a estos tres conceptos, que siguen siendo pilares importantes en lo que a este procedimiento respecta, si bien se quedan algo breves en los tiempos modernos. En muchos casos, el resultado final de satisfacción del paciente se halla relacionado de una forma muy directa con las expectativas previas a la intervención y no solo con el procedimiento quirúrgico en sí mismo.

Este hecho sugiere que, para valorar un grado de satisfacción real en un paciente sometido a una ATR, debemos informar previamente sobre la cirugía, las posibles expectativas que puede alcanzar y el grado de mejora tanto en la calidad de vida como en la patología que cabe esperar dependiendo del grado de enfermedad que presente el sujeto. <sup>(1)</sup>

## **1.7. Indicaciones de ATR**

---

Se debe incluir a los pacientes con artrosis bicompartimental o tricompartmental que no se hayan beneficiado de un tratamiento médico y sigan presentando incapacidad funcional.

De forma general se debería aceptar colocar una ATR en pacientes cuyas artrosis de rodilla no vayan a conseguir buenos resultados con el resto de opciones terapéuticas que hayan fracasado previamente. <sup>(1)</sup>

## **1.8. Técnica quirúrgica de ATR tradicional.**

---

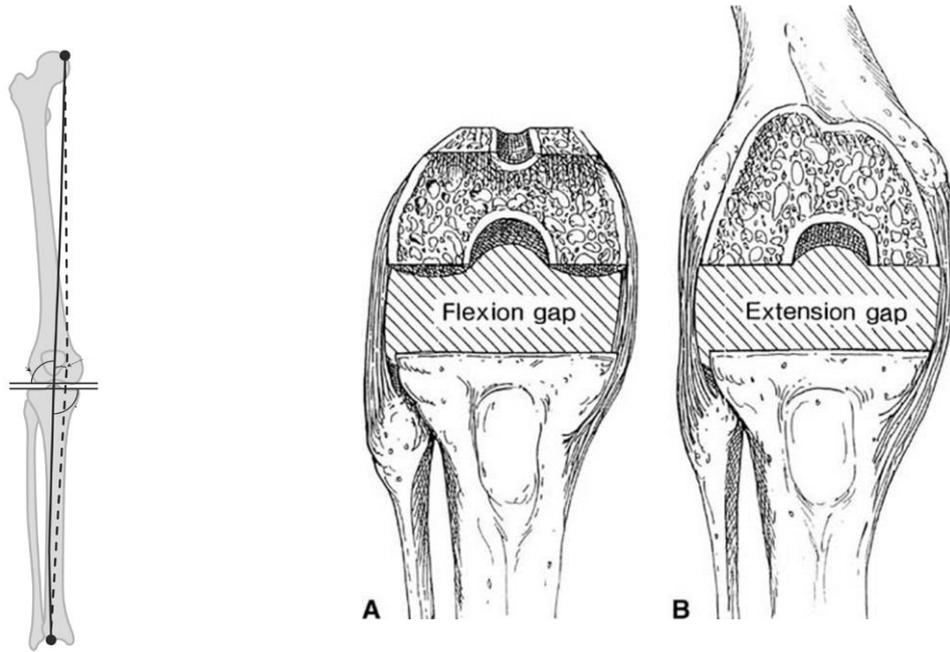
La vía de abordaje convencional para la colocación de un ATR es la parapatelar interna, que va desde el borde interno del tendón común del cuádriceps (aproximadamente unos 4 cm por encima del polo superior de la rótula) hasta el borde interno de la tuberosidad tibial anterior (TTA), pasando por el borde interno de la rótula sin seccionar las fibras longitudinales del vasto interno.

Esta vía de abordaje permite la separación con eversión de la rótula y una amplia exposición de la rodilla, de modo que la cirugía se puede realizar de una forma cómoda lo que minimiza el sufrimiento de las partes blandas del aparato extensor.

Desde la incisión longitudinal inicial sobre la tibia se inicia un despegamiento subperióstico hacia medial y posterior, incluyendo el fascículo profundo del ligamento lateral interno (LLI), el tendón reflejo del semimembranoso y la cápsula posterointerna. Esto, junto con la sección del ligamento cruzado anterior (LCA), permite una rotación externa de la tibia, y a su vez un abordaje amplio a todas las estructuras. En caso de encontrar osteofitos, habrá que researlos de las superficies articulares, para evitar errores en el reconocimiento de límites anatómicos y provocar tensiones inadecuadas en las partes blandas.

Como la mayoría de las técnicas quirúrgicas de la actualidad, deben cumplir unos requisitos que han demostrado ser los pilares de la durabilidad de esta cirugía. La colocación de una prótesis de rodilla no es una excepción a esta regla y por ello debe cumplir estos máximos: el implante se debe colocar de manera perpendicular al eje de carga de la extremidad (*véase en Figura 1*), la articulación

debe quedar estabilizada mediante un correcto varo-valgo y tiene que quedar una curva que permita un arco móvil amplio que evite las restricciones tanto de la flexión como de la extensión de la articulación. <sup>(1)</sup> (véase en Figura 2)



**Figura 1.** Eje mecánico de la extremidad inferior.

**Figura 2.** Espacios tras la resección ósea, rectangulares y simétricos en flexión y extensión

Para poder llevar a cabo con éxito estas condiciones debemos combinar y coordinar los dos gestos quirúrgicos básicos, los cortes óseos del fémur y la tibia y el balance ligamentoso y de partes blandas.

Inicialmente se describieron dos técnicas quirúrgicas. La primera de ellas sin conservación del ligamento cruzado posterior (LCP), denominada técnica de los espacios, y la segunda, con conservación del LCP, técnica de resección calculada, que buscaba la conservación de la línea articular. A lo largo de los años ambas técnicas han ido adaptándose y tomando gestos e ideas la una de la otra.

En la actualidad, podemos distinguir básicamente dos formas de proceder a realizar la secuencia de cortes y actos quirúrgicos en la colocación de una prótesis total de rodilla. La técnica de los cortes dependientes, que se basa en coger como referencia el corte tibial frontal a 90° respecto al eje mecánico, y a partir de ahí, construir el resto de la cirugía. La segunda técnica se la conoce como la técnica de los cortes independientes, en la cual se realizan los cortes

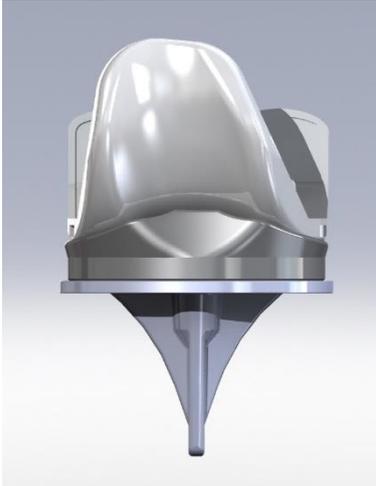
óseos tibial y femoral de forma, como su propio nombre indica, independiente, y tras ello se realiza el equilibrado de partes blandas que sea necesario. En ambas técnicas se realiza por consenso el corte tibial en el plano frontal a 90° del eje mecánico de la tibia. <sup>(1)</sup>

El sacrificio o la conservación de LCP es uno de los debates clásicos en la ATR. Muchos estudios hablan de las ventajas que propone una técnica sobre la otra. Aun así, es importante tener en cuenta algunos aspectos a la hora de decidir qué tipo de ATR se va a realizar. Varias de las características a tener en cuenta de estos modelos son: el movimiento de vaivén del fémur sobre el polietileno tibial, que provoca una carga asimétrica en sobre la tibia, el movimiento paradójico de del fémur sobre la tibia. Los tipos de polietilenos usados en estos modelos son muy planos, lo que provoca que la superficie articular femorotibial se pueda ver comprometida. Otro punto importante a tener en cuenta es la técnica de conservación de LCP, que obliga al cirujano a ser muy escrupuloso en el equilibrio de espacios, aumentando por ello la complejidad de la técnica, e incluso haciéndola inviable en algunos casos. <sup>(1)</sup>

Esta técnica con conservación del ligamento cruzado posterior cada vez es menos utilizada, pues la conservación del LCP impide la corrección en caso de deformidades en varo o en valgo.<sup>(4)</sup>

El principal reto en el diseño de cualquier tipo de prótesis es el de conseguir y mantener la biomecánica que permita y mantenga la función articular lo más próximo posible al movimiento armónico natural de dicha articulación.

Se encuentran diferentes modelos que intentan atender a las necesidades de la patología de cada paciente (*véase Figura 3 y Figura 4*), más conservadoras, o más radicales. Otro factor a tener en cuenta y de gran importancia, es la experiencia del cirujano que realiza la intervención y coloca la prótesis y de los modelos disponibles en los diferentes hospitales. <sup>(1)</sup>



*Figura 3. Modelo en 3 dimensiones de prótesis de rodilla.*



*Figura 4. Radiografía anteroposterior de la prótesis colocada*

### **1.9. Técnica quirúrgica de ATR mediante navegación.**

---

Este procedimiento consiste en el uso de sistemas informáticos, que nos permitan realizar de manera óptima el procedimiento quirúrgico, realizando unos cortes óseos exactos que consiguen de forma más precisa crear el eje y la estabilidad adecuada. <sup>(5)</sup>

El objetivo de la navegación quirúrgica es la colocación de instrumental o implantes en el espacio tridimensional del campo quirúrgico con la mayor precisión posible. Cualquier sistema de navegación cuenta con dos tipos de elementos: *hardware*, el sistema de localización, emisores de señal (véase *Figura 5*), localizadores fijados en el paciente (véase *Figura 6*), instrumental quirúrgico y un ordenador con suficiente capacidad para almacenar datos y *software* consistente en el programa informático específico para cada técnica y modelo quirúrgico. Se suele emplear un sistema de cámaras infrarrojas para la comunicación entre los localizadores del esqueleto y del instrumental, aunque existen numerosos sistemas diferentes.

En la cirugía ortopédica se ha utilizado y se utiliza la asistencia por ordenador para otras indicaciones, pero donde está más extendido su uso es en la colocación de prótesis de rodilla, ya que a diferencia de otros procedimientos (reconstrucción de LCA), no es necesario trabajar con imágenes precargadas de

TC o RNM ni la planificación intraoperatoria, pues las imágenes son generadas en tiempo real. (véase Figura 7)

La principal ventaja de la navegación en la ATR es mejorar la alineación de los componentes protésicos, puesto que las prótesis con más de 3° de varo o valgo respecto a lo ideal hacen que disminuya la supervivencia de la prótesis <sup>(5)</sup> (1). (véase Figura 8)

Por el contrario, uno de los inconvenientes de esta técnica es el aumento del tiempo quirúrgico. Esta duración tiende a disminuir cuanto mayor sea la experiencia del profesional. Otros problemas que presenta son el elevado coste económico y la limitación de uso a modelos protésicos concretos.



Figura 5. Emisor-receptor de señal infrarroja y sistema de navegación.

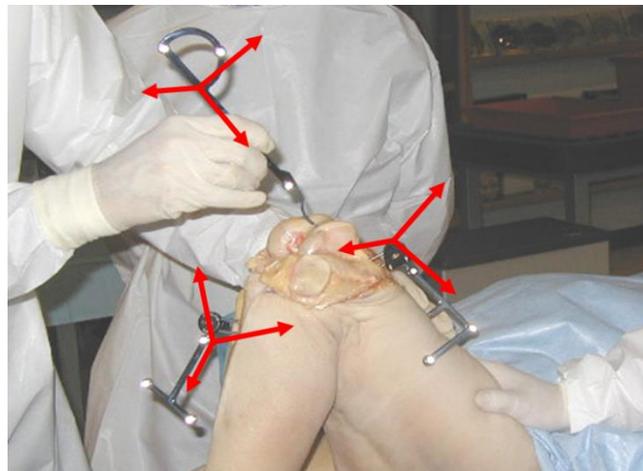


Figura 6. Receptores colocados en el paciente



Figura 7. Imágenes generadas a tiempo real

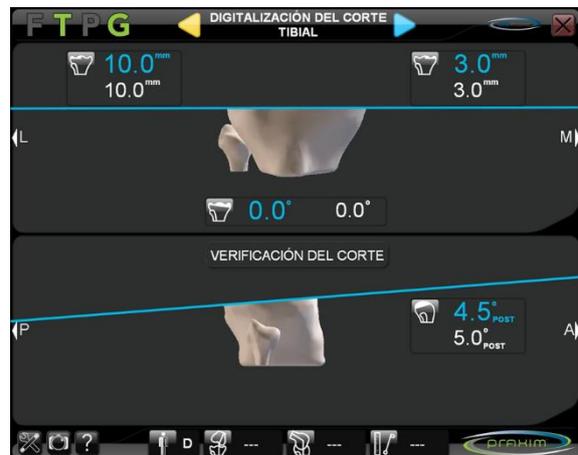


Figura 8. Confirmación del corte tibial.

## 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

### 2.1. Hipótesis.

---

La cirugía navegada de rodilla presenta beneficios tanto clínicos como radiológicos frente a la artroplastia convencional, y mejores resultados quirúrgicos al mejorar la alineación de la extremidad y conseguir una mejor estabilidad protésica.

### 2.2. Objetivo.

---

El objetivo del trabajo es establecer los beneficios de la cirugía navegada de rodilla frente a la artroplastia convencional basándonos en criterios clínicos y radiológicos a corto, medio y largo plazo. Conseguir establecer un tratamiento óptimo que permita una correcta movilidad articular y dotar al paciente de una buena calidad de vida a través de una intervención quirúrgica precisa que coloque la prótesis de rodilla en el paciente otorgándole una mayor estabilidad y favoreciendo un mayor tiempo de supervivencia de la prótesis.

Conseguir evidencia para convertir la navegación en el patrón oro de la artroplastia de rodilla, permitiendo que un mayor número de pacientes puedan beneficiarse del procedimiento.

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

La base de datos consultada para la búsqueda principal fue PubMed. La búsqueda se realizó entre febrero y mayo de 2020.

### 3.1. Perfil de búsqueda.

---

Se utilizaron las siguientes palabras clave; “Total knee arthroplasty”, “knee replacement”, “Computer-Assisted total arthroplasty”, para la elección de términos se utilizó descriptores de ciencias de la salud y se basó la búsqueda en los tesauros de PubMed.

```
("computers"[MeSH Terms] OR "computers"[All Fields] OR "computer"[All Fields]) AND assisted[All Fields] AND ("knee"[MeSH Terms] OR "knee"[All Fields] OR "knee joint"[MeSH Terms] OR ("knee"[All Fields] AND "joint"[All Fields]) OR "knee joint"[All Fields]) AND total[All Fields] AND ("arthroplasty"[MeSH Terms] OR "arthroplasty"[All Fields]) AND (Clinical Study[ptyp] AND "2015/05/14"[PDat] : "2020/05/11"[PDat] AND "humans"[MeSH Terms] AND (Spanish[lang] OR English[lang]) AND "aged"[MeSH Terms])
```

De manera complementaria se realizaron búsquedas manuales de artículos de interés y publicaciones de revistas de traumatología. De Repositorio Institucional de Documentos de la Universidad de Zaragoza se obtuvo la tesis doctoral (*Castillo Palacios, Andrés; 2016*) <sup>(5)</sup>, de la Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología (*Martín-Hernández, C. et al; 2018*) <sup>(6)</sup>, y de la British Journal of Medicine and Medical Research (*Hernández-Vaquero, Daniel et al; 2016*) <sup>(4)</sup>, de la revista The journal of knee surgery (Moskal, Joseph T. et al; 2014), de la Journal of Arthroplasty se obtuvo (*Panjwani, Taufiq R. et al; 2019*) <sup>(7)</sup> y por último de la revista The journal of knee surgery (*Moskal, Joseph T. et al; 2014*) <sup>(8)</sup>.

### 3.2. Criterios de inclusión y exclusión

---

En esta revisión sistemática se incluyeron estudios clínicos basados en el ser humano, limitando la búsqueda temporalmente a los artículos de 5 años de antigüedad, e incluyendo textos en inglés y en español cuya población estudiada

fueron pacientes de más de 65 años refractarios al tratamiento médico de la artrosis.

En una primera selección se excluyen los estudios que no tienen relación con el tema, que incluyen artroplastias unicompartmentales, bicompartimentales y no centradas en las artroplastias totales de rodilla, así como aquellos artículos que utilizan imágenes precargadas tanto de TC (tomografía computarizada) o RNM (resonancia magnética).

Tras la revisión de textos completos de los artículos se excluyen aquellos artículos que utilizan técnicas mínimamente invasivas en sus procedimientos quirúrgicos, utilizan procedimientos diferentes para realizar las ATR o se centran en componentes específicos y no en la articulación en su totalidad.

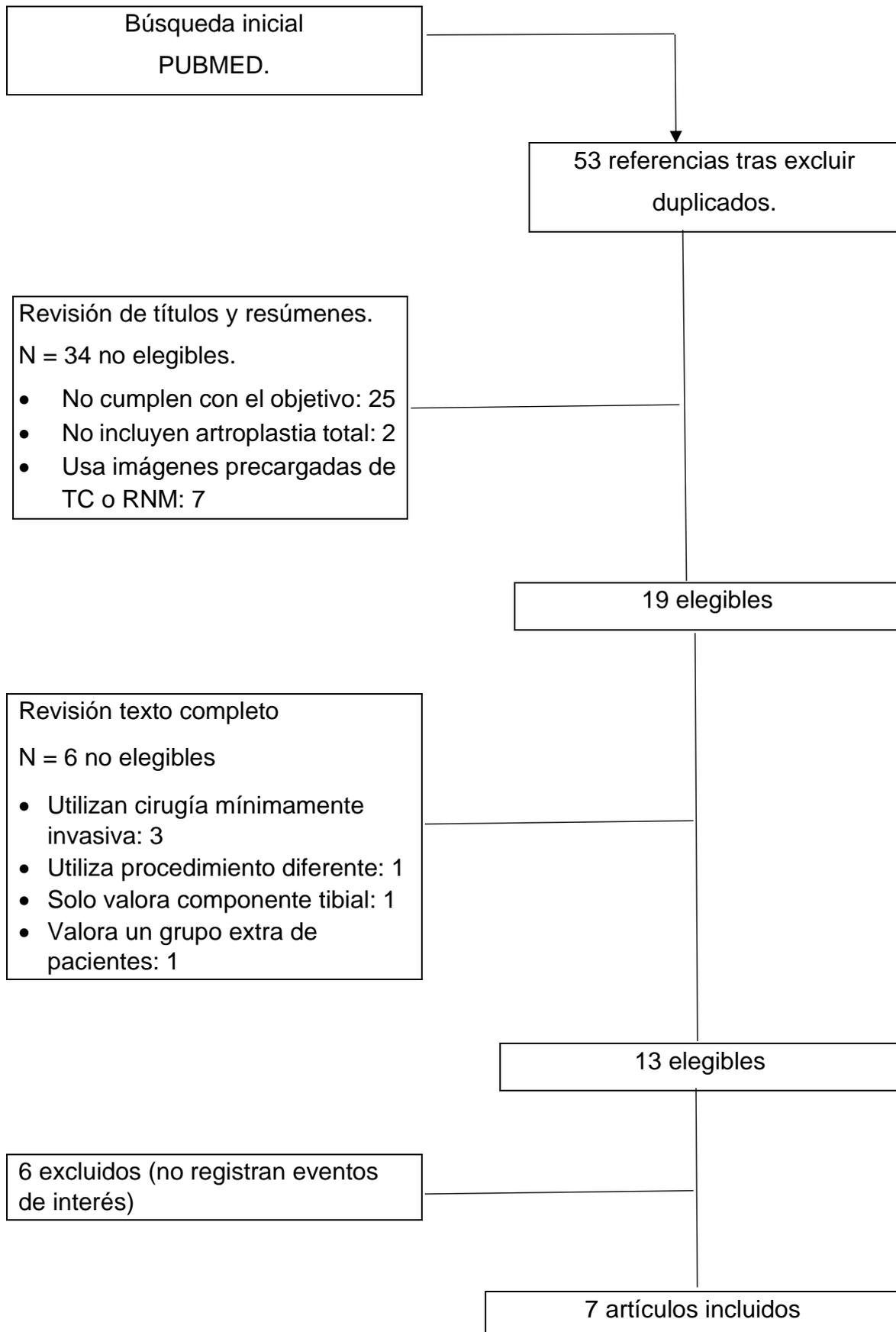
#### 3.2.1. Criterios de inclusión

- Artículos que valoren en un mismo paciente la ATR convencional en una rodilla y en la otra se lleve a cabo por navegación.
- Artículos que en el procedimiento conserven el LCP o no.
- Cualquier tipo de *software* utilizados en la navegación, así como diferentes modelos de prótesis empleados.
- Estudios clínicos prospectivos de más de 10 años, que valoran la vida media de las prótesis colocadas con navegación y con una amplia muestra de pacientes.
- Estudios clínicos aleatorizados de más de 10 años con un número de pacientes elevado.

#### 3.2.2. Criterios de exclusión

- Estudios publicados hace más de 5 años.
- Estudios que no valoren la cirugía navegada de rodilla y/o la comparen con ATR convencional
- Estudios centrados en componentes de la articulación y no en su totalidad.

Teniendo en consideración los criterios mencionados anteriormente, a continuación, se ilustra en la *Figura 9* el procedimiento seguido para la elección de los artículos



*Figura 9. Procedimiento seguido para la selección de artículos. Figura de elaboración propia.*

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Estudios incluidos

---

En la búsqueda inicial aparecieron 53 resultados posibles, de los que se descartaron 33 por no tener relación con el tema a estudiar, ni por título ni según los resúmenes de los artículos. Tras la revisión del contenido se excluyeron 6 por utilizar procedimientos diferentes al mencionado en este trabajo o por centrarse en componentes de la articulación y no en su totalidad.

Los artículos finalmente incluidos en esta revisión sistemática han sido un total de 10, de los cuales el más antiguo data de 2014 y el más reciente de 2019.

### 4.2. Diseño

---

De los artículos seleccionados, 7 son estudios prospectivos<sup>(6)(9)(10)(11)(12)(13)(14)</sup>, y los restantes, un estudio retrospectivo<sup>(15)</sup>, una revisión sistemática<sup>(7)</sup> y un meta análisis<sup>(8)</sup>.

Respecto al tiempo de seguimiento en los artículos en uno se llevó a cabo un seguimiento a corto plazo, duró 3 años<sup>(6)</sup>, tres de los artículos el seguimiento fue a medio plazo<sup>(12)(13)(15)</sup> entre 5 y 8 años y otros dos artículos el seguimiento se llevó a largo plazo<sup>(10)(11)</sup> entre 10 y 12 años.

Nueve de los artículos se centran en la comparación en distintos ámbitos entre la cirugía convencional y la cirugía navegada. Excepto el artículo (*Khakha, Raghbir S; 2013*) donde trata de explicar cómo la navegación puede ser una herramienta muy útil para la mejora de la técnica quirúrgica. Permite alcanzar la excelencia en la cirugía de rodilla a un cirujano experimentado, sino que además puede servir como una herramienta de aprendizaje para formar a futuros cirujanos ortopédicos<sup>(14)</sup>.

La mayoría de artículos se centran en comparar las ventajas de la navegación respecto a la cirugía convencional en lo que ha resultados radiológicos se refiere.

Está demostrado que la navegación se traduce en unos mejores resultados radiográficos<sup>(6)(7)(10)(11)(12)(15)(8)</sup> los resultados funcionales o bien son similares

en ambos grupos de investigación o bien las diferencias en favor de la navegación no son estadísticamente significativas<sup>(6) (7) (10) (11) (12) (15) (8)</sup>.

Centrándose en otras ventajas de la navegación (*Kuo, Shu Jui et al; 2018*) se lleva a cabo una comparativa en cuanto a los marcadores inflamatorios postoperatorios, llegando a la conclusión de que están significativamente disminuidos en la navegación, lo que podría suponer una mejora postoperatoria más rápida y satisfactoria <sup>(9)</sup>.

Se lleva a cabo un estudio de ATR bilateral (*Hsu, Robert Wen Wei; 2019*) en el que los pacientes son operados de una rodilla con el método de la navegación y en la otra con el procedimiento convencional para intentar disminuir la parcialidad en los resultados funcionales. Tras un seguimiento de 8 años no se encuentran diferencias estadísticamente significativas <sup>(15)</sup>.

Estudios (*Khakha, Raghbir S; 2015*) sostienen que la navegación utilizada como herramienta de aprendizaje para cirujanos en formación y siempre supervisados por un cirujano que interviene lo mínimo en el procedimiento obtiene unos resultados similares a las intervenciones realizadas por cirujanos expertos en un seguimiento realizado a medio plazo <sup>(14)</sup>.

### **4.3. Procedencia**

---

Los artículos incluidos provienen de España (*Martín-Hernández, C; 2018*) <sup>(6)</sup>, de Taiwan (*Hsu, Robert Wen Wei; 2019*) <sup>(15)</sup> (*Kuo, Shu Jui et al; 2018*) <sup>(9)</sup>, de Austria (*Cip, Johannes; 2018*) <sup>(10)</sup>, de Corea del sur (*Song, E. K; 2016*) <sup>(11)</sup>, de Noruega (*Dyrhovden, Gro S; 2016*) <sup>(12)</sup>, de Italia (*Todesca, Alessandro; 2017*) <sup>(13)</sup>, de Reino Unido (*Khakha, Raghbir S; 2015*) <sup>(14)</sup>, de Estados Unidos (*Moskal, Joseph T; 2014*) <sup>(8)</sup>, y de India (*Panjwani, Taufiq R; 2019*) <sup>(7)</sup>.

#### 4.4. Tamaño muestral

---

La revisión incluye un total de 34.930 intervenciones. 25.548 fueron llevados a cabo mediante el procedimiento tradicional y un total de 9.382 utilizando un sistema de navegación. En los diferentes artículos revisados se utilizan al menos cinco *softwares* de navegación, algunos de los artículos incluidos no especifican que tipo de soporte informático usan, o bien utilizan más de uno. Se implantan tres tipos de prótesis: *posterior stabilized* (PS), *cruciate retaining* (CR) y *ultracongruent* (UC), siendo esta última la menos utilizada. Algunos de los artículos no especifican el tipo de modelo utilizado, y se utilizan al menos 8 modelos diferentes de prótesis. En la gran mayoría de las intervenciones se realizó un abordaje parapatelar medial, utilizándose otro tipo de abordaje en casos especiales, principalmente debido a las deformidades previas que presentaba la articulación.

## 5. DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática tiene como objetivo el análisis de diferentes estudios para determinar la efectividad de la técnica de la navegación en la ATR frente al procedimiento convencional.

La ATR es uno de los pilares de la cirugía ortopédica. La principal indicación de realizar una ATR es la artrosis <sup>(1)</sup>, una enfermedad que condiciona la calidad de vida y la deambulación de los pacientes que la presentan. La alta prevalencia de la enfermedad en la población de edad avanzada, sumada al aumento de la esperanza de vida y la necesidad de funcionalidad, condiciona el tratamiento de esta patología <sup>(2)</sup>. En muchas ocasiones la terapia farmacológica es insuficiente para mejorar la calidad de vida de los pacientes. Para conseguirlo tenemos que devolver la funcionalidad a la articulación afectada que, principalmente, se consigue con el recambio de articular. Con la ATR favorecemos mayor independencia de deambulación y al disminuir el dolor de los pacientes, permite a esta población permanecer activa durante mucho más tiempo.

La ATR es un procedimiento con una alta tasa de éxito en su modalidad quirúrgica convencional. Actualmente está considerada el patrón oro en la cirugía de rodilla ortopédica pues los resultados que se demuestran tanto a corto, a medio y a largo plazo son ampliamente satisfactorios. Sin embargo, los estudios realizados en este ámbito demuestran que una mala alineación de los componentes protésicos durante el procedimiento quirúrgico puede suponer un fracaso en la colocación de la prótesis <sup>(8)</sup>. Esto se puede traducir no solo en malos resultados radiográficos, si no en resultados funcionales deficientes para el paciente, que pueden conllevar un mayor desgaste en determinados puntos de la prótesis, lo que condicionará su supervivencia.<sup>(10)</sup>

La navegación supone una mejora en la artroplastia convencional de rodilla al implementar los puntos básicos en los que se basa el procedimiento. Los pilares fundamentales de este proceso son mantener la estabilidad de la articulación y una alineación correcta de la misma.

La estabilidad de la prótesis viene determinada por la correcta alineación del eje de la extremidad inferior. Para ello nos ayudamos de unas referencias anatómicas colocadas en el miembro inferior del paciente consiguiendo así que los componentes de la prótesis estén correctamente alineados. Este avance en la técnica garantiza un eje estabilizado con un margen de error de  $\pm 3^\circ$ , que es lo considerado aceptable en cuanto a la colocación de estas prótesis de rodilla según las guías clínicas <sup>(5)</sup>. Para apreciar este margen de error son necesarios unos instrumentos de medida precisos, pues el control visual de un cirujano experto tampoco es capaz de determinar esta angulación correctamente, si bien la experiencia en la realización de la técnica influye notablemente en la precisión de la cirugía. Es esencial conseguir una adecuada alineación para considerar la ATR como una cirugía de éxito. La navegación permite establecer una angulación correcta y evita que el eje se desvíe por encima de los estándares establecidos, apoyándose en *softwares* e instrumentos de medida adecuados. El hecho de que la prótesis tenga una mejor alineación, debería traducirse en un mayor tiempo de vida de la prótesis, lo cual está todavía por confirmar <sup>(10)</sup>. Por eso con la visión puesta en el futuro, aunque la navegación encarezca en un principio la cirugía, el posible recambio de la prótesis, en caso de necesitarlo, debería ser realizado más tardíamente, gracias al aumento de vida media que puede suponer la navegación en la ATR. Por eso a largo plazo la navegación puede suponer un menor gasto sanitario a largo plazo.

Sin embargo, la evidencia de los estudios respecto a los resultados funcionales, clínicos o la supervivencia del implante no están claros todavía, son necesarios estudios más exhaustivos <sup>(7)(11)</sup>. Este hecho puede deberse a diversos factores:

La heterogeneidad en cuanto a técnicas quirúrgicas, modelos de prótesis y *softwares* de navegación que se utilizan en los distintos centros. Una de las razones que puede haber detrás de los resultados no significativos en cuanto a resultados funcionales es la variabilidad del procedimiento quirúrgico, bien por la técnica seleccionada, que puede depender de la formación recibida, de las preferencias del cirujano, de la sencillez de la técnica o de la patología del paciente. Defectos graves de varo o valgo impiden el uso de la técnica de retención del cruzado posterior pues este impide la corrección de los ejes mecánicos de forma adecuada <sup>(4)</sup>.

Otro aspecto a tener en cuenta son los modelos de prótesis, varían dependiendo del hospital o servicio y que, además, dependen de la técnica a emplear en el procedimiento. Del mismo modo sucede con el *software* utilizado para la navegación, cada software funciona con su modelo de prótesis y, por lo tanto, con su técnica quirúrgica.

La subjetividad con la que se valora la funcionalidad que el paciente alcanza tras la intervención debidas fundamentalmente a diferencias en la calidad de vida previas al procedimiento. Estos hechos pueden ser los obstáculos que nos permiten llegar a conclusiones más sólidas en estos aspectos.

Son necesarios estudios prospectivos con un seguimiento más a largo plazo <sup>(10)</sup> <sup>(12)</sup><sup>(13)</sup>. El alcance de la investigación debe durar más tiempo que la supervivencia media de una prótesis de rodilla, para establecer conclusiones objetivas entre las diferencias del procedimiento. Son estudios costosos, y difíciles de llevar a cabo debido fundamentalmente a las pérdidas que puede haber debido a que las prótesis se implantan en personas mayores. Al hacer un seguimiento a largo plazo pueden fallecer por otras causas, suponiendo pérdidas en la muestra del estudio, que pueden suponer sesgos posteriores.

Para poder establecer una evidencia más clara respecto a la mejora de la supervivencia de las prótesis gracias a la navegación son necesarios unos estudios con un seguimiento de la muestra a un plazo más largo de los que se dispone actualmente. La prótesis de rodilla colocada mediante cirugía convencional posee ya de por sí una vida media larga y es por ello por lo que se debe considerar si mediante el proceso de la navegación se alarga su supervivencia.

Los resultados obtenidos en las prótesis colocadas con la técnica de conservación de ligamento cruzado pueden suponer un sesgo pues, como se ha comentado previamente, la técnica de retención del cruzado supone no poder corregir los grandes defectos de varo y valgo que el paciente pudiera padecer, haciendo pensar que las articulaciones sometidas a esta técnica son articulaciones que presentan un menor número de deformidades <sup>(4)</sup><sup>(6)</sup><sup>(15)</sup>.

Para garantizar los resultados de la ATR es necesario que tras su implantación el eje de la extremidad y estabilidad de la rodilla sean correctos. Para ello, es necesario realizar una serie de resecciones óseas en fémur y tibia que consigan crear un espacio rectangular simétrico en el lado externo e interno de la rodilla y simétrico igualmente en extensión y flexión de rodilla, además de realizar una cirugía en las partes blandas ligamentosas en el lado externo e interno de rodilla que garanticen la estabilidad articular una vez implantada la prótesis. Se conoce que desviaciones superiores a 3 grados o 3 mm pueden alterar la evolución de la ATR produciendo su fracaso.

La cirugía navegada consiste en realizar las resecciones óseas y actuaciones sobre partes blandas guiados por una serie de referencias que son captadas mediante rayos infrarrojos por un emisor-receptor conectado a un programa informático que garantiza una precisión de la cirugía superior a 1mm y 1 grado. Esta técnica aporta y garantiza una absoluta precisión en la cirugía realizada lo que se traduce en unos mejores resultados de la artroplastia a corto, medio y largo plazo.

La navegación supone una disminución en la pérdida de sangre durante el procedimiento quirúrgico, así como una menor elevación de los marcadores inflamatorios <sup>(9)</sup>, sumado todo ello a los protocolos Fast Track que se están implementando en los hospitales en cuanto a movilización precoz, resultan en un postoperatorio con una mejor y rápida recuperación funcional en los pacientes intervenidos.

## 6. CONCLUSIONES

La cirugía navegada en artroplastia de rodilla mejora los resultados radiológicos en las prótesis colocadas con este procedimiento. No se encuentran diferencias significativas en cuanto a los resultados funcionales. Son necesarios estudios a largo plazo para llegar a conclusiones más claras respecto el aumento de la vida media de las prótesis gracias a la navegación. La navegación es una herramienta que sirve como mejora en la cirugía para el cirujano experto, pero que puede ser utilizada para formar a futuros cirujanos.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Martínez Delgado, Alberto D. Abad Lara, José Antonio. Albareda Albareda JC. Patología degenerativa de la rodilla. Artroplastia de rodilla. In: Cirugía ortopédica y traumatología [4ª ed]. 4º. Buenos Aires: Editorial médica panamericana.; 2018. p. 947.
2. Garriga XM. Definición, etiopatogenia, clasificación y formas de presentación. Aten Primaria [Internet]. 2014;46(SUPPL 1):3–10. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567\(14\)70037-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0212-6567(14)70037-X)
3. Seoane-Mato D, Sánchez-Piedra C, Silva-Fernández L, Sivera F, Blanco FJ, Pérez Ruiz F, et al. Prevalencia de enfermedades reumáticas en población adulta en España (estudio EPISER 2016). Objetivos y metodología. Reumatol Clínica. 2019;15(2):90–6.
4. Hernández-Vaquero D, Fernández-Carreira J, Revenga-Giertych C, Martín-Hernández C, Queiruga-Dios J, Albareda-Albareda J. The Use of PS or CR Models is not Sufficient to Explain the Differences in the Results of Total Knee Arthroplasty. Study of Interactions. Br J Med Med Res. 2016;12(8):1–9.
5. Castillo Palacios A. Función y satisfacción en pacientes intervenidos de artroplastia de rodilla. Evaluación del proceso postoperatorio inmediato y a corto plazo. Universidad de Zaragoza; 2016. 1.
6. Martín-Hernández C, Sanz-Sainz M, Revenga-Giertych C, Hernández-Vaquero D, Fernández-Carreira JM, Albareda-Albareda J, et al. Artroplastia total de rodilla navegada versus convencional; estudio prospectivo a 3 años de seguimiento. Rev Esp Cir Ortop Traumatol [Internet]. 2018;62(4):282–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.recot.2018.01.001>

7. 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(3):586–93.
8. Moskal JT, Capps SG, Mann JW, Scanelli JA. Navigated versus conventional total knee arthroplasty. *J Knee Surg*. 2014;27(3):235–48.
9. Kuo SJ, Hsu HC, Wang CJ, Siu KK, Hsu YH, Ko JY, et al. Effects of computer-assisted navigation versus conventional total knee arthroplasty on the levels of inflammation markers: A prospective study. *PLoS One*. 2018;13(5):1–10.
10. Cip J, Obwegeser F, Benesch T, Bach C, Ruckenstein P, Martin A. Twelve-Year Follow-Up of Navigated Computer-Assisted Versus Conventional Total Knee Arthroplasty: A Prospective Randomized Comparative Trial. *J Arthroplasty* [Internet]. 2018;33(5):1404–11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2017.12.012>
11. Song EK, Agrawal PR, Kim SK, Seo HY, Seon JK. A randomized controlled clinical and radiological trial about outcomes of navigation-assisted TKA compared to conventional TKA: long-term follow-up. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2016;24(11):3381–6.
12. Dyrhovden GS, Fenstad AM, Furnes O, Gøthesen Ø. Survivorship and relative risk of revision in computer-navigated versus conventional total knee replacement at 8-year follow-up: A study of 23,684 cases reported to the Norwegian Arthroplasty Register, 2005–2014. *Acta Orthop*. 2016;87(6):592–9.
13. Todesca A, Garro L, Penna M, Bejui-Hugues J. Conventional versus computer-navigated TKA: a prospective randomized study. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2017;25(6):1778–83.
14. Khakha RS, Chowdhry M, Sivaprakasam M, Kheiran A, Chauhan SK. Radiological and Functional Outcomes in Computer Assisted Total Knee Arthroplasty Between Consultants and Trainees - A Prospective Randomized Controlled Trial. *J Arthroplasty*. 2015;30(8):1344–7.

15. Hsu RWW, Hsu WH, Shen WJ, Hsu W Bin, Chang SH. Comparison of computer-assisted navigation and conventional instrumentation for bilateral total knee arthroplasty: The outcomes at mid-term follow-up. Med (United States). 2019;98(47).

Las imágenes de las figuras 1 a la 8 han sido cedidas por el director del trabajo, Dr. Jorge Albareda, del servicio de cirugía ortopédica y traumatología del H.C.U. Lozano Blesa.