

Defectos óseos en la artroplastia total de rodilla de revisión. Clasificación y opciones de tratamiento

Bone Defects in Revision Total Knee Arthroplasty: Classification and Treatment Options

De la Varga - Cebrián, Vicente^{1,2}
Delgado-Martínez, Alberto D.^{3,4}
Gómez - Palomo, Juan Miguel^{1,2}

¹ Hospital Universitario Virgen de la Victoria, Málaga. Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología.

² Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA).

³ Hospital Universitario de Jaén. Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología.

⁴ Universidad de Jaén. Departamento de Ciencias de la Salud.

jmgomezpalomo@gmail.com

Rev. S.And. Traum. y Ort., 2026; 43 (1/2): 13-22

Recepción: 30/05/2025. Aceptación: 14/10/2025

Resumen

La revisión de una artroplastia total de rodilla es un reto para el cirujano. Se trata de una tarea que requiere una exposición adecuada, la extracción cuidadosa del implante, así como la corrección de la pérdida ósea, lo que proporciona estabilidad articular y evita la insuficiencia de tejidos blandos, con el fin de lograr una reconstrucción estable y duradera de la articulación de la rodilla.

En este artículo de revisión, se resumen y actualizan los tipos de defectos óseos que podemos

Abstract

Revision total knee arthroplasty is a challenge for the surgeon. It is a procedure that requires adequate exposure, careful implant removal, and correction of bone loss, which provides joint stability and prevents soft tissue insufficiency, in order to achieve a stable and long-lasting reconstruction of the knee joint.

This review article summarizes and updates the types of bone defects that may be encountered, as well as the various treatment options.

encontrar, así como las diversas opciones de tratamiento.

Palabras clave: defectos óseos; dolor articulación rodilla; revisión artroplastia total rodilla.

Keywords: Bone defects; knee joint pain; revision total knee arthroplasty.

Método

Se llevó a cabo una revisión narrativa de la literatura sobre el manejo de los defectos óseos en la artroplastia total de rodilla de revisión, centrada en los artículos más relevantes publicados en los últimos diez años. Para ello, se consultaron bases de datos como Medline, Embase y Scopus, seleccionando trabajos con mayor nivel de evidencia y relevancia clínica que abordaran los principales aspectos diagnósticos, clasificatorios y terapéuticos relacionados con esta patología.

Introducción

La artroplastia de rodilla es un procedimiento quirúrgico destinado a reemplazar las superficies articulares degeneradas de la rodilla, con el objetivo de aliviar el dolor y restaurar la función.¹ Puede realizarse como artroplastia parcial, también denominada artroplastia unicompartmental (UKA), que sustituye únicamente el compartimento dañado conservando las estructuras sanas, o como artroplastia total de rodilla (ATR).² Esta última implica el reemplazo de los tres compartimentos de la rodilla: medial, lateral y patelofemoral. La ATR es una de las intervenciones quirúrgicas más comunes y fiables para tratar patologías como la artritis reumatoide, la artrosis y la osteonecrosis. Es considerada un procedimiento coste-efectivo. Su incidencia ha aumentado significativamente en la población de edad avanzada con artrosis de rodilla en las últimas décadas. Su finalidad es reducir el dolor, mejorar la función y aumentar la calidad de vida relacionada con la salud.³

Shichman et al.⁴ realizaron un estudio de seguimiento sobre ATR y artroplastia total de rodilla de revisión (ATRr) en EE. UU. entre 2000 y 2019. Estimaron un crecimiento anual del 4,67 % en las

ATRr, lo que supondría un incremento del 149 % en 2040 y del 520 % en 2060.

A pesar de sus altas tasas de éxito, muchos pacientes con ATR refieren insatisfacción clínica, ya que desarrollan dolor crónico, lo que repercute negativamente en su calidad de vida.⁵ Un número considerable requiere revisión tras la ATR primaria por diversas causas. A. Flierl et al.⁶ analizaron una amplia serie de ATR fallidas e informaron que hasta el 19 % de los pacientes se mostraban insatisfechos con los resultados. Entre las causas más frecuentes de fallo del implante destacaban el desgaste mecánico (polietileno o metal), los problemas femoropatelares, el desgaste del polietileno y el aflojamiento aséptico.

M. Tarazi et al.⁷ evaluaron la evolución temporal de las causas de fallo en la ATR y observaron que, antes de 1997, las más comunes eran la infección, los problemas femoropatelares, el desgaste del polietileno y el aflojamiento aséptico. Posteriormente, Sharkey et al.⁸ identificaron un cambio significativo en los mecanismos de fallo, destacando el desgaste del polietileno y el aflojamiento aséptico como principales motivos de revisión. Sin embargo, con la mejora en el diseño y la fabricación de los implantes, el desgaste del polietileno fue sustituido por el aflojamiento aséptico y la infección como principales causas de fallo entre 2000 y 2012. Desde entonces, en la era moderna de la ATR, el aflojamiento mecánico y la infección predominan como causas de fracaso.

No obstante, los resultados globales de la ATRr no son tan satisfactorios como los de la ATR primaria, debido a la incertidumbre en cuanto a su tasa de éxito y a los factores de riesgo asociados al fracaso. Se trata de un procedimiento técnicamente complejo que requiere una exposición adecuada, retirada y reemplazo del implante, corrección de la pérdida ósea, estabilidad articular y abordaje de la insufi-

ciencia de partes blandas para lograr una reconstrucción estable y duradera de la rodilla.⁹

Petersen et al.¹⁰ publicaron un estudio en el que los pacientes sometidos a ATRr presentaron más complicaciones crónicas postoperatorias. Evaluaron a 99 pacientes con artrosis tratados con ATRr y observaron puntuaciones funcionales reducidas, peor calidad de vida y mayor intensidad del dolor en comparación con pacientes intervenidos con ATR primaria. Stambough et al.¹¹ realizaron un ensayo clínico con 76 pacientes tras ATRr, y comunicaron que hasta un tercio presentaron complicaciones o fracaso protésico.

Defectos óseos en la artroplastia total de rodilla de revisión (ATRr)

La ATRr se asocia frecuentemente con defectos óseos, que pueden deberse a reacciones al estrés mecánico, infecciones, osteólisis, pérdida ósea por aflojamiento del implante o pérdidas iatrogénicas durante su extracción.¹²

Existen diversos sistemas de clasificación de defectos óseos, basados principalmente en su ta-

maño, gravedad y localización. Estos sistemas permiten una planificación preoperatoria precisa, predicen los resultados y orientan el tratamiento y la rehabilitación.¹³ Entre ellos, la clasificación del *Anderson Orthopaedic Research Institute* (AORI) es la más utilizada (figura 1), dada su practicidad al centrarse en el tamaño del defecto óseo en tibia y fémur. Según la AORI, los defectos se clasifican en tres tipos para tibia (T1, T2, T3) y fémur (F1, F2, F3):

- Tipo 1 (T1/F1): defecto óseo contenido, de pequeño tamaño, sin compromiso de la estabilidad del componente de revisión; los cóndilos posteriores presentan morfología normal.
- Tipo 2 (T2/F2): daño óseo metafisario y pérdida de hueso esponjoso en un (2A) o ambos cóndilos/mesetas (2B), contenidos o no, con afectación de los cóndilos posteriores o del componente tibial.
- Tipo 3 (T3/F3): pérdida ósea metafisaria significativa, con defecto no contenido, comprometiendo la cortical remanente y la estabilidad ligamentaria.

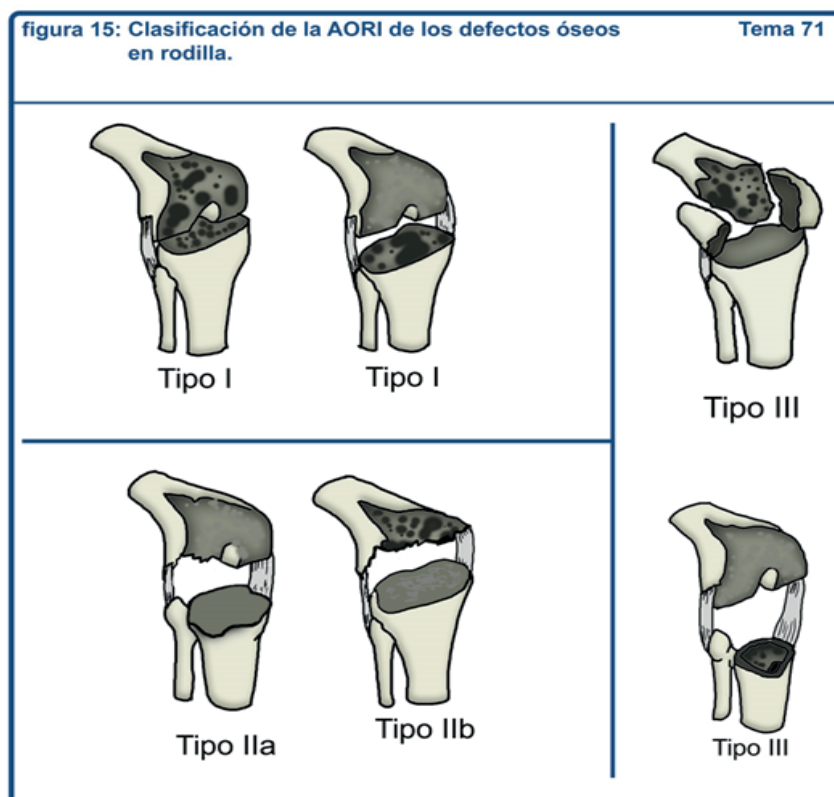


Figura 1: Clasificación AORI de los defectos óseos en rodilla (tomado de Delgado AD. Cirugía Ortopédica y Traumatología, 6 ed. Panamericana, 2024, con permiso).

La presencia de defectos óseos es relativamente frecuente en la ATRr y pueden originarse ya en la ATR primaria. En esta última, los estudios radiográficos preoperatorios tienden a subestimar la magnitud real del defecto, en comparación con los hallazgos quirúrgicos.¹⁴ Brenneis et al.¹⁵ concluyeron que la radiografía simple es insuficiente para detectar lesiones osteolíticas. En su estudio, compararon los hallazgos intraoperatorios en 99 pacientes (clasificados según AORI) con la evaluación preoperatoria por TAC 3D y radiografía, encontrando una concordancia sustancial entre el TAC 3D y los hallazgos quirúrgicos, superior a la evaluación radiográfica convencional.

Tratamiento de los defectos óseos en la artroplastia de revisión

Las técnicas para el tratamiento de los defectos óseos en la ATRr son variadas e incluyen: cementación, injertos óseos (autoinjertos, aloinjertos, aloinjertos estructurales), aumentos metálicos modulares, fijación metafisaria (vainas porosas de titanio y conos de tantalio), y megaprótesis (prótesis personalizadas).

La revisión de una ATR suele requerir vástagos largos de soporte diafisario, siendo la reconstrucción del lado tibial más exigente que la del femoral. Esta mayor complejidad en la tibia se relaciona con factores biomecánicos y anatómicos, así como con una mayor incidencia de dolor postoperatorio en esa localización. Mihalko et al.¹⁶ analizaron una cohorte de 120 pacientes intervenidos con vástagos diafisarios ranurados y observaron que 20 de ellos (más del 16 %) presentaron dolor tibial. Estos hallazgos subrayan la necesidad de una planificación meticulosa y una adecuada selección de implantes que minimicen el riesgo de complicaciones y mejoren los resultados funcionales.

Cementación y cemento con tornillos

La cementación es una opción económica, confiable y técnicamente poco exigente para el tratamiento de defectos óseos en ATRr.

En cuanto a la técnica, el cemento debe interdigitar con el hueso esponjoso; es necesario desbridar todo el tejido fibroso presente en el defecto y raspar el hueso esclerótico.

El uso de cemento o polimetilmetacrilato (PMMA) aislado está recomendado para defectos óseos pequeños, de hasta aproximadamente 5 mm de profundidad (AORI tipo 1), en deficiencias periféricas que no superen el 10 % del área condilar femoral, en pequeños defectos centrales, defectos quísticos y, en general, en defectos óseos contenidos y de pequeña extensión. En los defectos mayores debe utilizarse con precaución, ya que el PMMA proporciona fijación mecánica pero no biológica, y no restaura la masa ósea perdida. Por ello, esta técnica no se recomienda para defectos amplios debido al riesgo de necrosis térmica y aflojamiento.^{17,18}

En defectos contenidos o no contenidos entre 5 y 10 mm, tanto en la tibia proximal como en el fémur distal, varios autores han propuesto el uso de cemento combinado con tornillos. Esta técnica puede aplicarse en defectos AORI tipo 1 y 2A, que afecten a menos del 50 % del ancho condilar femoral y tengan hasta 10 mm de profundidad. Habitualmente, se introducen tornillos corticales de 3,5 mm de diámetro en el defecto metafisario hasta alcanzar el hueso distal. La longitud debe permitir que las cabezas queden completamente embebidas en el defecto y cubiertas por la nueva capa de cemento. Se debe evitar el contacto entre el tornillo y el implante definitivo, y es esencial rellenar el defecto con cemento inmediatamente antes de implantar la prótesis, de forma que cubra por completo la cabeza del tornillo. La combinación de cemento y tornillos ofrece diversas ventajas: mayor resistencia en comparación con el cemento solo, menor coste frente a otras alternativas y simplificación del procedimiento, reduciendo el tiempo quirúrgico respecto al injerto óseo y los aumentos metálicos.^{17,18}

Diversos autores han documentado resultados satisfactorios en el manejo de defectos óseos con cemento. Berend et al.¹⁹ realizaron un seguimiento de 248 rodillas intervenidas mediante ATR que requirieron ATRr entre 1989 y 2010. En todos los casos, los defectos óseos se trataron con cemento (con o sin tornillos), con un seguimiento medio de 7,4 años (rango: 2-19,9 años). A los 15 años, la probabilidad de supervivencia clínica fue del 98,59 % en los pacientes que recibieron revisión con cemento con o sin tornillos.

Injerto óseo impactado

Considerando la posible necesidad de futuras revisiones en pacientes jóvenes, así como la importancia de preservar y, en lo posible, mejorar la reserva ósea residual, se recomienda el uso de injertos óseos. Se emplean habitualmente para tratar defectos AORI tipos II y III, así como defectos leves, contenidos o no, que afecten a menos del 50 % del cóndilo femoral o de la meseta tibial.²⁰

Las opciones de injerto óseo incluyen autoinjertos y aloinjertos de donante. Dependiendo de la magnitud del defecto a restaurar, los “chips” óseos deben tener un tamaño de hasta 5 mm de diámetro para garantizar la estabilidad. Antes de colocar un injerto troceado e impactado, se debe desbridar la zona eliminando el tejido fibroso y el hueso necrótico, así como raspar el hueso esclerótico para obtener un lecho bien vascularizado. Posteriormente, se introduce el injerto finamente molido en el defecto, impactándolo firmemente, tras lo cual se implantan los componentes definitivos. Si se requiere una construcción más estable, puede emplearse una malla de alambre metálico (especialmente en defectos no contenidos), que permite moldear y contener el injerto según las

necesidades del paciente. Como desventaja, el injerto impactado necesita tiempo para su incorporación, y no proporciona una estabilidad postoperatoria inmediata comparable a los aumentos con cemento.²¹

El uso de injerto óseo impactado es una técnica consolidada en el tratamiento de la pérdida ósea durante la ATRr. Bedard et al.²² realizaron un estudio prospectivo en 35 ATRr empleando injerto óseo impactado en la región diafisaria entre 2005 y 2016. El seguimiento medio fue de 4 años. Seis pacientes (17 %) requirieron nueva revisión: cuatro por infección y dos por fractura periprotésica. En todas las rodillas no revisadas se observó incorporación radiológica del injerto.

Sistemas modulares (aumentos)

Los aumentos son suplementos metálicos de diversas formas que sustituyen el defecto óseo (figura 2). Se han vuelto altamente especializados e individualizados para cada caso, y se clasifican según afecten al componente tibial o femoral. Generalmente se reservan para pacientes con defectos AORI tipo IIA y IIB. Existen diferentes tipos de aumentos (bloques rectangulares, cuñas) que per-

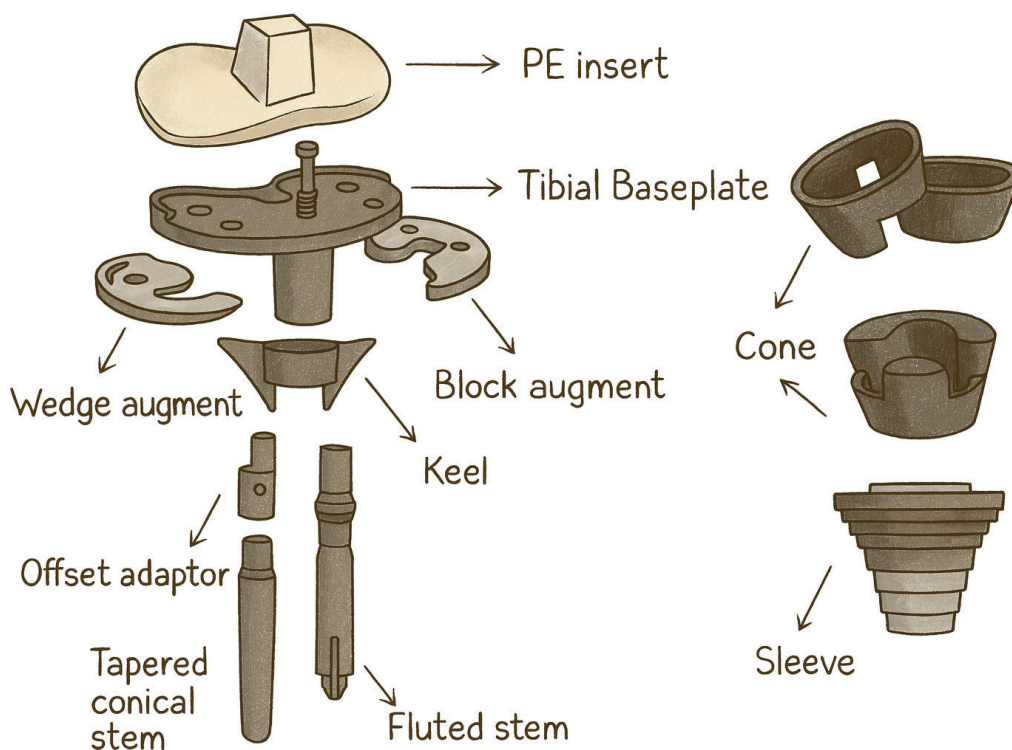


Figura 2: Diferentes tipos de aumentos metálicos en la revisión de la prótesis de rodilla.

miten un ajuste selectivo para defectos femorales y tibiales. La elección entre cuñas o bloques depende de la morfología del defecto.

El aumento tibial puede realizarse con cuñas o bloques metálicos modulares. Estas soluciones se emplean habitualmente en defectos de entre 5 y 20 mm de profundidad, particularmente si comprometen al menos el 25 % de la placa base tibial. Aunque la decisión entre cuña y bloque debe personalizarse, los aumentos en bloque presentan menor tasa de aflojamiento y mayor estabilidad que las cuñas, debido a menores fuerzas de cizallamiento. Sin embargo, los bloques son más costosos y requieren resección significativa de hueso para su colocación.²³

La deficiencia ósea femoral puede tratarse con aumentos en bloque con espesores variables (5 a 15 mm). Estos están diseñados para los cóndilos medial y lateral, tanto en sentido distal como posterior. Los aumentos posteriores permiten restaurar el componente femoral en la dimensión anteroposterior y ajustar el espacio de flexión, corrigiendo posibles desajustes entre extensión y flexión. La colocación de un aumento posterolateral femoral también previene la rotación interna del componente.²⁴

Se han publicado resultados a medio plazo en pacientes tratados con aumentos durante la ATRr. Crawford et al.²⁵ analizaron 274 rodillas sometidas a ATRr con un sistema modular de cromo-cobalto o titanio entre 2005 y 2013. El seguimiento mínimo fue de 2 años (media de 6; rango 2-11). El KSS clínico mejoró de 45 a 79 ($p < 0,0001$) y el funcional de 46 a 56 ($p < 0,0001$). Tras la cirugía inicial de revisión, se realizaron 25 nuevas revisiones asépticas, 15 de ellas por aflojamiento aséptico (15/274). Lee et al.²⁶ realizaron el seguimiento de 37 pacientes (39 rodillas) durante más de 2 años tras revisión de ATR infectada utilizando aumentos metálicos modulares. Concluyeron que una mayor modularidad puede asociarse a una mayor aparición de signos de inestabilidad en las pruebas de imagen.

Fijación metafisaria (aumentos metafisarios)

Para rellenar los defectos óseos se han desarrollado también dos tipos especiales de suplementos: las vainas (“sleeves” en inglés) y los conos. Son suplementos que se introducen en la zona metafisaria del fémur y/o la tibia. De forma resumida, sus diferencias se observan en la tabla 1.

Tabla 1: principales diferencias entre las vainas y los conos.

Característica	Conos	Vainas (Sleeves)
Independientes del implante	Sí	No, se conectan al implante
Tipo de fijación	A hueso (por fricción y osteointegración)	A hueso y al implante (<i>press-fit</i>)
Versatilidad anatómica	Mayor (mejor para defectos irregulares)	Menor adaptabilidad
Material común	Tantalio o titanio poroso	Titanio poroso
Costo	Generalmente más alto	Relativamente menor
Uso preferido	Defectos óseos severos	Reconstrucciones más estándar

D.1) Vainas

En los últimos años se han desarrollado vainas metafisarias porosas recubiertas de titanio con ajuste a presión para mejorar la fijación en el trata-

miento de defectos tibiales en la ATRr. La interfaz entre las vainas metafisarias y el implante se establece mediante una unión cónica Morse. Las vainas metafisarias están indicadas para todos los defectos óseos tibiales y femorales AORI tipo 2 y 3.²⁷

Huang et al.²⁸ utilizaron 36 vainas en revisiones femorales y 83 en revisiones tibiales, con un seguimiento promedio de 2,4 años (rango 2-3,7). Al finalizar el seguimiento, solo 2 componentes tibiales (2,7 %) requirieron revisión por aflojamiento aséptico. Además, se observó una mejora significativa en la puntuación funcional media del IKSS, lo que respalda la eficacia de la fijación metafisaria en ATRr a corto plazo.

Barnett et al.²⁹ emplearon vainas para defectos tibiales AORI tipo 2 y 3, con buenos resultados clínicos tras dos años de seguimiento. Al finalizar el estudio, se documentaron mejoras significativas en el rango de movimiento de la rodilla y en la puntuación posoperatoria del KSS ($p < 0,001$). El control radiográfico mostró osteointegración estable, sin migración de componentes ni osteólisis clínicamente relevante.

En 2019, Bonanzinga et al.³⁰ publicaron una revisión sistemática relativa a resultados clínicos y radiográficos con el uso de vainas metafisarias en ATRr. Se incluyeron 10 estudios con 904 pacientes y 928 implantes. La edad media fue de 69 años, con un seguimiento promedio de 3,7 años. Se implantaron 1.413 vainas (888 en tibia y 525 en fémur). Se informaron 36 revisiones por infección (4 %), con cinco casos de aflojamiento séptico (0,35 %). Hubo 27 revisiones asépticas (3 %), con 10 casos de aflojamiento (0,7 %) y 44 fracturas intraoperatorias (3,1 %). En resumen, las vainas mostraron una alta tasa de osteointegración, baja incidencia de fracturas y resultados clínicos entre buenos y excelente, por lo que pueden considerarse una opción válida para grandes defectos metafisarios en ATRr.

D.2) Conos

Los conos estructurales de tantalio poroso también son una alternativa relativamente reciente para la reconstrucción de defectos óseos metafisarios (AORI tipos 2 y 3) en ATRr. Estos conos, junto con los vástagos, se implantan mediante un sistema de ajuste a presión que maximiza el contacto con el hueso huésped, proporcionando soporte estructural y mecánico. La técnica de colocación es sencilla y presenta bajo riesgo de infección, aunque su extracción puede ser compleja y existe riesgo de fractura del hueso huésped.

Varios estudios han documentado buenos resultados a corto plazo con conos de tantalio en defectos masivos durante ATRr. En 2020, Bedard et al.²² analizaron 32 pacientes (33 rodillas) con compromiso óseo grave. Utilizaron conos metafisarios combinados con injerto impactado diafisario y vástagos cementados. La edad media fue de 67 años y el 60 % eran hombres. Las indicaciones fueron aflojamiento aséptico (80 %) y reimplante en dos tiempos por infección (20 %). El seguimiento medio fue de 4 años (rango 2-11). La supervivencia libre de revisión por aflojamiento fue del 100 % a los 5 años; libre de cualquier revisión, del 92 %; y libre de reintervención, del 73 %. Seis pacientes (17 %) requirieron revisión adicional (4 por infección/herida y 2 por fractura). Los autores consideraron la técnica eficaz en casos complejos con diáfisis esclerótica y gran pérdida ósea. No obstante, subrayaron la necesidad de un seguimiento a largo plazo para confirmar estos hallazgos.

Una revisión sistemática de Roach et al.³¹ (2021) comparó resultados de 27 estudios sobre ATRr (12 sobre vainas y 15 sobre conos). En los estudios con vainas, se implantaron 1.617 vainas en 1.133 ATRr (1.025 pacientes). La tasa de reoperación fue del 9,7 % y la de aflojamiento aséptico, del 0,8 %. En los estudios sobre conos, se implantaron 701 conos en 620 ATRr (612 pacientes). La tasa de reoperación fue del 18,7 % y la de aflojamiento aséptico, del 1,7 %. Aunque las tasas de aflojamiento fueron similares, la tasa de reoperación fue casi el doble con conos. La heterogeneidad de los estudios y el carácter multifactorial del fracaso impiden extraer conclusiones definitivas, aunque los datos sugieren una posible superioridad de las vainas metafisarias en cuanto a supervivencia del implante.

Megaprótesis

En determinados pacientes adultos mayores con pérdida ósea grave, deformidad articular e inestabilidad ligamentaria severa, las prótesis tumorales pueden ser una opción adecuada para preservar la extremidad y proporcionar estabilidad inmediata.³² Estas prótesis sustituyen parte de la diáfisis femoral o tibial. Aunque tradicionalmente se han reservado para reconstrucciones tras resecciones tumorales, su uso ha sido descrito en pacientes con defectos óseos graves, como los AORI

tipo III no contenidos.²⁸ Ahora bien, los cirujanos que opten por megaprótesis deben considerar los desafíos técnicos que conlleva su implantación, así como las complicaciones asociadas, entre las que se incluyen el maltracking rotuliano, la malrotación de componentes y la complejidad de una revisión en caso de infección protésica.

Vertesich et al.³³ realizaron una revisión retrospectiva de 30 pacientes sometidos a ATRr con reconstrucción femoral distal mediante megaprótesis modulares entre 1997 y 2017. La edad media fue de 74,4 años y el seguimiento medio de 54,2 meses (rango: 1-240 meses). La supervivencia libre de revisión fue del 74,8 % al año, 62,5 % a los tres años y 40,9 % a los diez años tras la cirugía. Del total de pacientes, 16 presentaron al menos una complicación: problemas de partes blandas (n = 3), aflojamiento aséptico (n = 4) y un fallo estructural (n = 1) que requirió nueva intervención. Ocho pacientes presentaron infección, y tres de ellos precisaron cirugía de revisión.

Conclusiones

El progresivo aumento de las artroplastias totales de rodilla previsto para las próximas décadas obligará a los cirujanos ortopédicos a perfeccionar continuamente las técnicas y los recursos empleados en las artroplastias totales de rodilla de revisión (ATRr). En este contexto, la pérdida ósea constituye uno de los retos más complejos, al implicar múltiples dimensiones clínicas y técnicas. Comprender en profundidad la patología subyacente y anticipar sus implicaciones es clave para reducir la necesidad de futuras reintervenciones.

Para optimizar los resultados, es fundamental realizar una planificación preoperatoria rigurosa basada en estudios de imagen avanzados, una evaluación intraoperatoria precisa de la magnitud del defecto óseo, y dominar las distintas alternativas terapéuticas y tipos de implante disponibles. Solo así se podrá garantizar una reconstrucción estable y duradera, mejorar la función articular y preservar al máximo el capital óseo del paciente.

Bibliografía

- 1) AlShehri Y, Megaloikonomos PD, Neufeld ME, Howard LC, Greidanus NV, Garbus DS, Masri BA. Cementless total knee arthroplasty: A state-of-the-art review. JBJS Rev. 2024;12(7). doi: 10.2106/JBJS.RVW.24.00064. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38968372/>
- 2) Al-Dadah O, Hing C. Advancing indications for total knee arthroplasty. Knee. 2024;50:A1-A2. doi: 10.1016/j.knee.2024.09.001. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39304388/>
- 3) Pagan CA, Karasavvidis T, Cohen-Rosenblum AR, Hannon CP, Lombardi AV Jr, Vigdorchik JM. Technology in total knee arthroplasty in 2023. JBJS Rev. 2024;12(7). doi: 10.2106/JBJS.RVW.24.00064. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39053667/>
- 4) Shichman I, Askew N, Habibi A, Nherera L, Macaulay W, Seyler T, Schwarzkopf R. Projections and Epidemiology of Revision Hip and Knee Arthroplasty in the United States to 2040-2060. Arthroplast Today. 2023 May 30;21:101152. doi: 10.1016/j.artd.2023.101152. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10244911/>
- 5) Miettinen HA, Mäkirinne-Kallio N, Kröger H, Miettinen SA. Health-related quality of life after hip and knee arthroplasty operations. Scand J Surg. 2021;110(3):427-433. doi: 10.1177/1457496920952232. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38968372/>
- 6) Flierl MA, Sobh AH, Culp BM, Baker EA, Sporer SM. Evaluation of the Painful Total Knee Arthroplasty. J Am Acad Orthop Surg. 2019 Oct 15;27(20):743-751. doi: 10.5435/JAAOS-D-18-00083. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31008874/>
- 7) Tarazi JM, Chen Z, Scuderi GR, Mont MA. The epidemiology of revision total knee arthroplasty. J Knee Surg. 2021;34(13):1396-1401. doi: 10.1055/s-0041-1735282. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34507367/>
- 8) Sharkey PF, Lichstein PM, Shen C. Why are total knee arthroplasties failing today – has anything changed after 10 years?. J Arthroplasty. 2014;29(9):1774-1778. doi: 10.1016/j.arth.2013.07.024. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25007726/>
- 9) Khan Y, Arora S, Kashyap A. Bone defect classifications in revision total knee arthroplasty, their reliability and utility: a systematic review. Arch Orthop Trauma Surg. 2023;143(1):453-468. doi: 10.1007/s00402-022-04517-. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35780426/>
- 10) Petersen KK, Simonsen O, Laursen MB, Nielsen TA, Rasmussen S, Arendt-Nielsen L. Chronic postoperative pain after primary and revision total knee arthroplasty. Clin J Pain. 2015 Jan;31(1):1-6. doi: 10.1097/AJP.0000000000000146. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25485953/>
- 11) Stambough JB, Clohisy JC, Barrack RL, Nunley RM, Keeney JA. Increased risk of failure following revision total knee replacement in patients aged 55 years

and younger. Bone Joint J. 2014 Dec;96-B(12):1657-62. doi:10.1302/0301-620X.96B12.34486.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25452369/>

12) Dravid AV, Tran J, Ast MP, Levine BR, Scuderi GR, Sheth NP. A systematic approach to revision total knee arthroplasty. Instr Course Lect. 2023;72:273-285.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36534862/>

13) Bieganowski T, et al. Bone loss in aseptic revision total knee arthroplasty: management and outcomes. Knee Surg Relat Res. 2022;34:30. doi: 10.1186/s43019-022-00158-y.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35725586/>

14) Encinas-Ullán, C.A., Gómez-Cardero, P., Rodríguez-Merchán, E.C. (2020). Revision Total Knee Arthroplasty: Surgical Technique. In: Rodríguez-Merchán, E. (eds) Revision Total Joint Arthroplasty. Springer, Cham.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-24773-7_2

15) Brenneis M, Flevas DA, Bornes TD, Braun S, Meurer A, Sculco PK, Quevedo-González FJ, Boettner F. Tibial bone defect prediction based on preoperative artefact-reduced CT imaging is superior to standard radiograph assessment. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2023;31(11):4842-4850. doi: 10.1007/s00167-023-07527-4.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37558747/>

16) Mihalko WM, Whiteside LA. Stem pain after cementless revision total knee arthroplasty. J Surg Orthop Adv. 2015;24:137-139.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25988697/>

17) Zheng C, Ma HY, Du YQ, Sun JY, Luo JW, Qu DB, Zhou YG. Finite Element Assessment of the Screw and Cement Technique in Total Knee Arthroplasty. Biomed Res Int. 2020 Oct 15;2020:3718705. doi: 10.1155/2020/3718705.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33123571/>

18) Hasandoost L, Rodriguez O, Alhalawani A, Zalzal P, Schemitsch EH, Waldman SD, Papini M, Towler MR. The Role of Poly(Methyl Methacrylate) in Management of Bone Loss and Infection in Revision Total Knee Arthroplasty: A Review. J Funct Biomater. 2020 Apr 10;11(2):25. doi: 10.3390/jfb11020025.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32290191/>

19) Berend ME, Ritter MA, Keating EM, Jackson MD, Davis KE, Malinzak RA. Use of screws and cement in revision TKA with primary or revision specific prosthesis with up to 17 years followup. J Arthroplasty. 2015 Jan;30(1):86-9. doi: 10.1016/j.arth.2014.07.027

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25151092/>

20) Rodríguez-Merchán EC, Gómez-Cardero P, Encinas-Ullán CA. Management of bone loss in revision total knee arthroplasty: therapeutic options and results. EFORT Open Rev. 2019;6(11):686-694. doi: 10.1302/2058-5241.6.210007.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34909226/>

21) Hutten D, Pasquier G, Lambotte JC. Techniques for filling tibiofemoral bone defects during revision to-

tal knee arthroplasty. Orthop Traumatol Surg Res. 2021 Feb;107(1S):102776. doi: 10.1016/j.otsr.2020.102776.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33321231/>

22) Bedard NA, Cates RA, Lewallen DG, Sierra RJ, Hanssen AD, Berry DJ, Abdel MP. Outcomes of a technique combining diaphyseal impaction grafting and metaphyseal cones for severe bone loss in revision total knee arthroplasty. Bone Joint J. 2020 Jun;102-B(6_Supple_A):116-122. doi: 10.1302/0301-620X.102B6.BJJ-2019-1511.R1.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32475283/>

23) Chung KS, Lee JK, Lee HJ, Choi CH. Double metal tibial blocks augmentation in total knee arthroplasty. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2016;24(1):214-220. doi: 10.1007/s00167-014-3368-8.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25300362/>

24) Ponzio DY, Austin MS. Metaphyseal bone loss in revision knee arthroplasty. Curr Rev Musculoskelet Med. 2015 Dec;8(4):361-7. doi: 10.1007/s12178-015-9291-x.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26362647/>

25) Crawford DA, Berend KR, Morris MJ, Adams JB, Lombardi AV Jr. Results of a Modular Revision System in Total Knee Arthroplasty. J Arthroplasty. 2017 Sep;32(9):2792-2798. doi: 10.1016/j.arth.2017.03.076.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28502536/>

26) Lee KJ, Bae KC, Cho CH, Son ES, Jung JW. Radiological Stability after Revision of Infected Total Knee Arthroplasty Using Modular Metal Augments. Knee Surg Relat Res. 2016 Mar;28(1):55-61. doi: 10.5792/ksrr.2016.28.1.55.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26955613/>

27) Lei PF, Hu RY, Hu YH. Bone defects in revision total knee arthroplasty and management. Orthop Surg. 2019;11(1):15-24. doi: 10.1111/os.12425.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30809942/>

28) Huang R, Barrazaeta G, Ong A, Orozco F, Jafari M, Coyle C, Austin M. Revision total knee arthroplasty using metaphyseal sleeves at short-term follow-up. Orthopedics. 2014 Sep;37(9):e804-9. doi: 10.3928/01477447-20140825-57.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25350623/>

29) Barnett SL, Mayer RR, Gondusky JS, Choi L, Patel JJ, Gorab RS. Use of stepped porous titanium metaphyseal sleeves for tibial defects in revision total knee arthroplasty: short term results. J Arthroplasty. 2014 Jun;29(6):1219-24. doi: 10.1016/j.arth.2013.12.026.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24444570/>

30) Bonanzinga T, Akkawi I, Zahar A, Gehrke T, Haasper C, Marcacci M. Are metaphyseal sleeves a viable option to treat bone defect during revision total knee arthroplasty? A systematic review. Joints. 2019;7(1):19-24. doi: 10.1055/s-0039-1697611.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31879726/>

31) Roach RP, Clair AJ, Behery OA, Thakkar SC, Iorio R, Deshmukh AJ. Aseptic loosening of porous metaphyseal sleeves and tantalum cones in revision total

knee arthroplasty: a systematic review. J Knee Surg. 2021 Aug;34(10):1033–1041. doi:10.1055/s-0040-1701434.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32074656/>

32) Vaishya R, Thapa SS, Vaish A. Non-neoplastic indications and outcomes of the proximal and distal femur megaprosthesis: a critical review. Knee Surg Relat Res. 2020;32(1):18. doi:10.1186/s43019-020-00034-8.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32660578/>

33) Vertesich K, Puchner SE, Staats K, Schreiner M, Hipfl C, Kubista B, et al. Distal femoral reconstruction following failed total knee arthroplasty is accompanied with risk for complication and reduced joint function. BMC Musculoskelet Disord. 2019;20(1):47. doi:10.1186/s12891-019-2438-7.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30704448/>