



Revisión sistemática y metaanálisis sobre las tasas de re-revisión por aflojamiento aséptico en la revisión de artroplastia total de rodilla: aloinjertos estructurales versus conos metálicos porosos

Yesica Melisa Arbelaez Ayala

Trabajo presentado como requisito para optar por el
título de Ortopedista y Traumatóloga.

Bogotá - Colombia

2024

Revisión sistemática y metaanálisis sobre las tasas de re-revisión por aflojamiento aséptico en la revisión de artroplastia total de rodilla: aloinjertos estructurales versus conos metálicos porosos

Autor

Yesica Melisa Arbelaez Ayala

Tutor:

Jorge Rojas Lievano

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Especialización en Ortopedia y Traumatología

Universidad del Rosario

Bogotá - Colombia

2024

Identificación del proyecto

Institución académica: Universidad del Rosario

Dependencia: Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud – Posgrados.

Título de la investigación: Tasa de fallos asépticos en la revisión de artroplastia total de rodilla utilizando aloinjertos estructurales frente a conos metálicos porosos para defectos AORI grado 2 y 3: una revisión sistemática y metaanálisis de estudios no aleatorizados.

Instituciones participantes: Fundación Santa Fé de Bogotá

Tipo de investigación: Revisión sistemática de la literatura y metaanálisis de estudios no aleatorizados

Investigador principal: Yesica Melisa Arbelaez Ayala

Investigadores asociados: Jorge Luis Rojas Lievano, Germán Rojas Rivera, Maria Ximena Quintero Rojas

Asesor clínico o temático: Jorge Luis Rojas Lievano

Asesor metodológico: Jorge Luis Rojas Lievano

1	Contenido	
1.	Resumen ejecutivo	6
2.	Antecedentes	8
3.	Objetivos	10
4.1	<i>Objetivo general</i>	10
4.2	<i>Objetivos específicos</i>	10
4.	Criterios de inclusión	10
4.1	<i>Tipo de participantes</i>	10
4.2	<i>Criterios de exclusión</i>	11
5.	Tipo de fuentes	11
5.1	<i>Estrategia de búsqueda</i>	11
5.2	<i>Extracción de datos</i>	12
5.3.	<i>Análisis y síntesis de datos – Medida de resultado primaria</i>	13
5.4.	<i>Análisis y síntesis de datos – Análisis de tendencia temporal</i>	14
5.5.	<i>Consideraciones éticas</i>	14
6.	Presentación de resultados	14
6.1	<i>Resultados de la búsqueda</i>	14
6.2	<i>Estudios incluidos</i>	15
6.3	<i>Conos de metal</i>	20
6.4	<i>Aloinjertos estructurales</i>	20
6.5	<i>Riego de sesgo</i>	21
6.6	<i>Resultado primario: Re-revisión por aflojamiento aséptico</i>	22
6.7	<i>Análisis de subgrupos</i>	25
6.8	<i>Análisis de tendencia temporal</i>	27
7.	Conclusiones	27
8.	Discusión	28
9.	Implicaciones para la investigación	29

10.Implicaciones para la práctica	30
11.Conflicto de intereses	30
12.Referencias.....	30
13.Anexos	33
<i>Anexo 1. Tabla de recolección de datos conos metalicos porosos.....</i>	<i>33</i>
<i>Anexo 2. Tabla de recolección de datos aloinjerto estructural.....</i>	<i>33</i>

1. Resumen ejecutivo

Antecedentes: El manejo de defectos óseos severos (grados 2 y 3 de la clasificación AORI) en la cirugía de revisión de artroplastia total de rodilla (rATR) representa un desafío clínico significativo. Esta revisión sistemática y metanálisis compara las tasas de re-revisión por aflojamiento aséptico entre dos opciones reconstructivas principales: conos metálicos porosos y aloinjertos estructurales.

Métodos: Se realizaron búsquedas exhaustivas en bases de datos (MEDLINE, EMBASE, CINAHL) hasta junio de 2023 para identificar estudios que reportaran tasas de re-revisión por aflojamiento aséptico después de rATR utilizando conos metálicos porosos o aloinjertos estructurales para defectos AORI grados 2 y 3. Se incluyeron 52 estudios con un total de 2568 casos de rATR. Se utilizó un modelo de efectos aleatorios para estimar la incidencia agrupada de re-revisión por aflojamiento aséptico. Se realizaron análisis de subgrupos según la duración del seguimiento y el tamaño del estudio.

Resultados: La incidencia agrupada de re-revisión por aflojamiento aséptico fue significativamente menor con conos metálicos porosos (0,71%) en comparación con aloinjertos estructurales (2,81%). En los análisis de subgrupos, los conos mostraron tasas de incidencia más bajas en seguimientos prolongados, sugiriendo un mejor rendimiento a largo plazo. Los estudios de mayor tamaño reportaron mayores tasas de re-revisión, brindando una imagen más realista clínicamente. Un análisis de tendencias temporales reveló un aumento en el uso de conos metálicos porosos en los últimos años.

Conclusiones: Los conos metálicos porosos demostraron menores tasas de re-revisión por aflojamiento aséptico en comparación con los aloinjertos estructurales, respaldando su uso preferencial para reconstruir defectos óseos severos en rATR. Estos hallazgos pueden orientar la toma de decisiones clínicas y el desarrollo de guías de práctica basadas en la evidencia, con el potencial de mejorar los resultados quirúrgicos y la calidad de vida de los pacientes.

Abstract

Background: The management of severe bone defects (AORI grades 2 and 3) in revision total knee arthroplasty (rTKA) poses a significant clinical challenge. This systematic review and meta-analysis compare the re-revision rates due to aseptic loosening between two primary reconstructive options: porous metal cones and structural allografts.

Methods: Comprehensive searches were conducted in databases (MEDLINE, EMBASE, CINAHL) up to June 2023 to identify studies reporting re-revision rates due to aseptic loosening after rTKA using porous metal cones or structural allografts for AORI grades 2 and 3 defects. A total of 52 studies encompassing 2568 rTKA cases were included. A random effects model was used to estimate the pooled incidence of re-revision due to aseptic loosening. Subgroup analyses were performed based on follow-up duration and study size.

Results: The pooled incidence of re-revision due to aseptic loosening was significantly lower with porous metal cones (0.71%) compared to structural allografts (2.81%). In subgroup analyses, cones exhibited lower incidence rates in long-term follow-ups, suggesting better long-term performance. Larger studies reported higher re-revision rates, providing a more clinically realistic picture. A temporal trend analysis revealed an increase in the use of porous metal cones in recent years.

Conclusions: Porous metal cones demonstrated lower re-revision rates due to aseptic loosening compared to structural allografts, supporting their preferential use for reconstructing severe bone defects in rTKA. These findings can guide clinical decision-making and the development of evidence-based practice guidelines, with the potential to improve surgical outcomes and patient quality of life.

2. Antecedentes

La artroplastia total de rodilla (ATR) es un procedimiento quirúrgico ampliamente utilizado para el tratamiento de la artrosis de rodilla avanzada, con excelentes resultados a largo plazo en términos de alivio del dolor, mejora de la función y calidad de vida (1). Sin embargo, a medida que se realizan más ATR en una población de pacientes cada vez más jóvenes y con mayor esperanza de vida, el número de procedimientos de revisión de artroplastia total de rodilla (rATR) aumentará naturalmente (1). La cirugía de revisión de ATR presenta desafíos significativos en comparación con la artroplastia primaria, siendo uno de los principales el manejo de la pérdida ósea severa y los defectos óseos masivos en la tibia y el fémur, lo que compromete la fijación adecuada del implante de revisión (2).

Para estratificar la pérdida ósea y guiar el enfoque quirúrgico, se utiliza ampliamente el sistema de clasificación de pérdida ósea del Anderson Orthopaedic Research Institute (AORI) (3). En este sistema, el defecto se clasifica después de la extracción del implante previo: Los defectos tipo 1 presentan hueso metafisario intacto con fallas menores que no comprometen el soporte y la fijación del implante de revisión; los defectos tipo 2 comprometen el hueso metafisario de uno (2A) o ambos cóndilos femorales o tibiales (2B), y los defectos tipo 3 presentan déficit de cortical y hueso esponjoso en la metáfisis, en ocasiones asociado a desprendimiento del ligamento colateral (4).

Existen múltiples técnicas quirúrgicas bien establecidas en la cirugía de revisión para abordar el stock óseo deficiente, que van desde injertos de hueso esponjoso, cemento óseo y pequeños aumentos de metal para defectos menores, hasta grandes aumentos de metal, megaprótesis y aloinjertos estructurales para defectos óseos masivos (5). En defectos grandes no contenidos (AORI 2 o 3), se requiere una fijación sólida tanto en la metáfisis como en la diáfisis, para poder lograr una fijación confiable y duradera del implante de revisión (6).

Los conos de tantalio de metal poroso se han perfilado como una opción prometedora para la fijación en presencia de grandes defectos óseos (7). Varios estudios clínicos han evaluado esta tecnología, reportando una buena supervivencia del implante y resultados funcionales y radiológicos favorables a corto y medio plazo (8). Por otro lado, los aloinjertos estructurales ofrecen ventajas como la restauración de la masa ósea, la biocompatibilidad y la capacidad de moldear el aloinjerto según el defecto específico. No obstante, presentan desventajas potenciales como la posible falta de unión, reabsorción, fractura, tiempo quirúrgico prolongado, posibilidad de transmisión de enfermedades y una mayor susceptibilidad a la infección (9).

A pesar de los avances en las técnicas reconstructivas, persiste un debate significativo sobre qué enfoque proporciona una fijación a largo plazo más duradera y menos re-revisiones debido a fallos asépticos en el manejo de grandes defectos óseos durante la cirugía de rATR. Dadas las implicaciones clínicas y los costos asociados con tales re-revisiones, existe una necesidad apremiante de comprender cuál de los dos enfoques - aloinjertos estructurales o conos de metal poroso - produce resultados más duraderos y efectivos (10).

Los conos de tantalio de metal poroso se han perfilado como una opción prometedora para la fijación en presencia de grandes defectos óseos (11). Varios estudios clínicos han evaluado esta tecnología, reportando una buena supervivencia del implante y resultados funcionales y radiológicos favorables a corto y medio plazo (12,13). Por otro lado, los aloinjertos estructurales ofrecen ventajas como la restauración de la masa ósea, la biocompatibilidad y la capacidad de moldear el aloinjerto según el defecto específico. No obstante, presentan desventajas potenciales como la posible falta de unión, reabsorción, fractura, tiempo quirúrgico prolongado, posibilidad de transmisión de enfermedades y una mayor susceptibilidad a la infección (14-16).

A pesar de los avances en las técnicas reconstructivas, persiste un debate significativo sobre qué enfoque proporciona una fijación a largo plazo más duradera y menos re-revisiones debido a fallos asépticos en el manejo de grandes defectos óseos durante la cirugía de rATR (17). Dadas las implicaciones clínicas y los costos asociados con tales re-revisiones, existe una necesidad apremiante de comprender cuál de los dos enfoques - aloinjertos estructurales o conos de metal poroso - produce resultados más duraderos y efectivos (18).

Por lo tanto, la pregunta de investigación que se abordará en este trabajo es: ¿Cuáles son las diferencias en las tasas de re-revisión debido al aflojamiento aséptico entre el uso de conos de metal poroso y aloinjertos estructurales en el manejo de defectos óseos de tipo 2 y 3 AORI en la cirugía de revisión de artroplastia total de rodilla?

La respuesta a esta pregunta de investigación tiene una utilidad significativa en la práctica clínica, ya que proporcionan evidencia comparativa sólida sobre la efectividad a largo plazo de conos metálicos porosos y aloinjertos estructurales en rATR. Los hallazgos pueden guiar a los cirujanos ortopédicos en la toma de decisiones informadas sobre el material reconstructivo más adecuado para cada caso específico de defecto óseo, optimizando así los resultados quirúrgicos y reduciendo las tasas de re-revisión. Además, los resultados pueden influir en el desarrollo y actualización de protocolos y guías clínicas basadas en evidencia, promoviendo prácticas que beneficien a los pacientes con defectos óseos severos y mejorando su calidad de vida.

En el ámbito académico, esta investigación puede estimular futuros estudios que profundicen en los resultados funcionales a largo plazo, evaluación de costos y recomendaciones específicas para diferentes perfiles de pacientes, contribuyendo así al avance del conocimiento y a la mejora continua de los estándares de atención en el manejo de los defectos óseos en la cirugía de revisión de artroplastia total de rodilla.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Determinar la diferencia en las tasas de re-revisión debido al aflojamiento aséptico entre el uso de conos de metal poroso y aloinjertos estructurales en el manejo de defectos óseos de tipo 2 y 3 según la clasificación AORI en la cirugía de revisión de artroplastia total de rodilla, mediante una revisión sistemática y metanálisis de la literatura.

3.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la población de estudio en términos de variables relevantes como la edad promedio de los pacientes, el tipo de cono utilizado y el seguimiento promedio en los estudios evaluados.
2. Describir las características de los conos de metal porosos y los aloinjertos estructurales utilizados en los estudios incluidos.
3. Evaluar y comparar las tasas de re-revisión por aflojamiento aséptico entre el uso de conos de metal porosos y aloinjertos estructurales en cirugía de revisión de artroplastia total de rodilla para defectos AORI 2 y 3.
4. Analizar la heterogeneidad entre los estudios y explorar posibles fuentes de variabilidad en los resultados reportados.
5. Realizar un análisis de tendencias temporales para evaluar los cambios en la preferencia de uso entre conos de metal porosos y aloinjertos estructurales a lo largo del tiempo.
6. Analizar y reportar la heterogeneidad dentro de los grupos de tratamiento individuales y entre los estudios incluidos, así como sus resultados, para comprender la variabilidad de los datos y su impacto en las conclusiones.

4. Criterios de inclusión

4.1. Tipo de participantes:

- Estudios clínicos originales
- Desde enero de 2000 hasta 2023.

- Reportaran los resultados de aloinjertos estructurales o conos de metal poroso durante la rRTR en el contexto de defectos óseos de grado AORI 2 o 3
- Un período mínimo de seguimiento de 12 meses
- Proporcionaron datos sobre la tasa de re-revisión debido al aflojamiento aséptico o tenían los datos necesarios para su cálculo
- En casos sin instancias de aflojamiento aséptico, los autores declararon explícitamente que no se produjo ninguna re-revisión debido al aflojamiento aséptico hasta el último seguimiento
- Para aquellos estudios publicados antes de que la clasificación AORI se volviera ampliamente aceptada, se consideraron artículos que describían pérdida ósea de una gravedad comparable a la que ahora se clasifica como grado AORI 2 o 3
- Las comparaciones directas entre aloinjertos y conos de metal poroso no eran obligatorias para su inclusión, pero la presentación separada de los resultados para cada intervención era un requisito previo

4.2. Criterios de exclusión

- Mezclaban resultados de RTR primario con rRTR
- Incluían varias metodologías de tratamiento, como combinar resultados de conos de metal poroso con otros aumentos de metal o combinar resultados de aloinjertos estructurales con aloinjertos impactados, a menos que los resultados para cada subgrupo se informaran claramente
- Se centraban únicamente en el manejo de defectos resultantes de resecciones oncológicas o aquellos en rATR primaria compleja
- Estudios in vitro o en animales
- Descripciones de técnica quirúrgica
- Estudios que no especificaban el tiempo de seguimiento a pacientes
- Revisiones de tema, revisiones sistemáticas, metaanálisis y reportes de caso.

5. Tipo de fuentes

5.1. Estrategia de búsqueda

Se realizaron búsquedas exhaustivas en las bases de datos electrónicas MEDLINE, EMBASE y CINAHL hasta el 30 de junio de 2023, utilizando una estrategia de búsqueda que incluía los términos "revision TKA", "structural allografts" y "porous metal cones". Adicionalmente, se utilizaron términos de búsqueda en lenguaje controlado (MeSH, Emtree) y vocabulario libre relacionados con la pregunta de investigación, como "Arthroplasty, Replacement, Knee" [MeSH], "Bone

Transplantation" [MeSH], "Porous Materials" [MeSH], entre otros. Las estrategias de búsqueda se adaptaron para cada base de datos, utilizando los filtros y operadores booleanos correspondientes. No se aplicaron restricciones de idioma para maximizar la cobertura de la búsqueda.

5.2. Extracción de datos

Dos autores (YMAA y MXQR) revisaron de forma independiente todas las citas. En primer lugar, seleccionaron los estudios que potencialmente eran elegibles para su inclusión en base al título y resumen, y excluyeron cualquier estudio irrelevante o de revisión. En segundo lugar, determinaron la elegibilidad en base al artículo completo. En casos de desacuerdo, un tercer autor (GRR) determinó la elegibilidad.

Al evaluar el riesgo de sesgo para los estudios dentro de esta revisión, adoptamos la herramienta especializada descrita por Luijken et al. (Ref: Luijken K, Willigenburg NW, Bos PK, et al. Risk scoring bias tool quality appraisal tool for surgical technical evidence synthesis for systematic reviews in orthopaedics. *BMJ Open* 2022;12: e053538), diseñada para intervenciones quirúrgicas comparativas en cirugía ortopédica. Esta herramienta sintetiza elementos de instrumentos establecidos de riesgo de sesgo, como el Cochrane RoB-2, ROBINS-I y los criterios MINORS.

Dos autores extrajeron de forma independiente la información clave sobre la población del estudio, la intervención y la definición del resultado de todos los estudios incluidos. Esta información se utilizó para evaluar la aplicabilidad de los estudios con respecto a la pregunta PICO de la revisión sistemática.

Los mismos dos autores (YMAA y MXQR) evaluaron de forma independiente la calidad metodológica de los estudios incluidos según cinco ítems metodológicos: confusión, datos faltantes y sesgo de selección, estado de la intervención, evaluación del resultado y preespecificación del análisis. Para el ítem "evaluación del resultado", la calidad metodológica solo se puntuó para el resultado primario de la revisión sistemática.

Todos los estudios fueron evaluados mediante un conjunto de 33 preguntas de señalización (opciones de puntuación: Sí/Probablemente sí/No/Probablemente no/Sin información), basadas en las cuales se obtuvieron las puntuaciones de los ítems. Para cada ítem, un estudio podía puntuar "sin información", "pobre", "moderado" o "bueno" en aplicabilidad o calidad metodológica.

La extracción de datos se realizó por duplicado por 2 revisores independientes utilizando un formulario estandarizado de recopilación de datos que abarcaba detalles del estudio, información demográfica del paciente, detalles específicos sobre las intervenciones y duraciones de seguimiento:

Autor, año, revista, país, referencia, diseño del estudio, nivel de evidencia, riesgo de sesgo, número de pacientes, edad, rango de edad, número de rodillas, número de conos/aloinjertos, tiempo de seguimiento, rango de tiempo de seguimiento, tipos de conos, % de pacientes que requirieron re-revisión, % de pacientes que requirieron re-revisión relacionada con complicación con conos/aloinjerto.

Cualquier desacuerdo fue discutido, y un tercer revisor estuvo disponible para arbitrar cualquier problema que quedara sin resolver.

5.3. Análisis y síntesis de datos – Medida de resultado primaria

La medida de resultado primaria fue la tasa de fracaso, determinada por la necesidad de cirugía de re-revisión debido al aflojamiento aséptico. El fracaso aséptico del dispositivo protésico fue cualquier procedimiento en el que se realizara un intercambio de componentes por razones no relacionadas con la infección articular periprotésica (IAP) o sepsis. Se consideraron solo las re-revisiones que requerían el reemplazo o la extracción del aloinjerto y sus componentes asociados o el cono de metal poroso. Se omitieron intercambios modulares o intercambios que involucraban componentes no índices. El objetivo principal de esta métrica fue evaluar la durabilidad y longevidad de los aloinjertos estructurales en comparación con los conos de metal poroso. Además, se omitieron procedimientos menores, como manipulaciones cerradas y debridamiento superficial, que no requerían modificaciones importantes en los componentes. Del mismo modo, se excluyeron las re-revisiones que resultaron en la extracción del cono de metal o del aloinjerto debido a la IAP de esta medida de resultado.

La tasa de fracaso combinada asociada con las intervenciones de aloinjerto y cono de metal poroso se estimó mediante un metaanálisis de proporciones utilizando el software Stata (versión 14; Stata-Corp). Debido a que varios estudios informaron una tasa de re-revisión del 0% debido al aflojamiento aséptico, utilizamos una distribución binomial para modelar con precisión la variabilidad dentro del estudio. Se aplicó el método exacto para determinar los intervalos de confianza (IC) para cada estudio. Se eligió un modelo de efectos aleatorios para el análisis, anticipando la heterogeneidad clínica y metodológica. La heterogeneidad entre estudios se evaluó con la estadística I^2 . Un valor de I^2 del 0% indica ausencia de heterogeneidad observada, mientras que valores crecientes denotan una heterogeneidad ampliada: 25%, 50% y 75% corresponden a grados bajos, moderados y altos de heterogeneidad, respectivamente.

5.4. Análisis y síntesis de datos – Análisis de tendencia temporal

Para comprender la tendencia temporal del uso de aloinjertos versus conos de metal poroso desde enero de 2000, realizamos una revisión exhaustiva de las publicaciones de este período hasta la actualidad. Registramos el número de estudios que informaron resultados sobre cada estrategia de tratamiento para cada año a lo largo de esta duración extendida. Los resultados compilados fueron luego representados gráficamente, ofreciendo una representación de la inclinación cambiante hacia cualquiera de las intervenciones durante las últimas dos décadas.

5.5. Consideraciones éticas

Se aseguró la transparencia en la metodología, detallando los criterios de inclusión y exclusión de los estudios, y se evitó cualquier conflicto de interés, declarando cualquier posible fuente de sesgo. Además, se respetaron los derechos de autor de los estudios incluidos, citando adecuadamente a los autores originales. La selección de estudios se basó en la relevancia y calidad metodológica, utilizando herramientas estandarizadas para evaluar el riesgo de sesgo. También se garantizó que todos los datos utilizados provenían de investigaciones realizadas de manera ética, con el consentimiento informado de los participantes originales. Finalmente, se comprometió a la actualización continua del análisis con nuevos estudios relevantes, asegurando la relevancia y aplicabilidad continua de los hallazgos a la práctica clínica.

6. Presentación de resultados

6.1. Resultados de la búsqueda

La búsqueda arrojó 827 títulos potencialmente relevantes. Se revisaron 557 títulos y resúmenes únicos, lo que llevó a la lectura de títulos y resúmenes y la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión para seleccionar 72 artículos para su revisión completa. No se identificaron estudios adicionales a través de la búsqueda cruzada y la búsqueda manual. Veinte artículos fueron excluidos después del análisis completo del texto, lo que resultó en 52 artículos para su inclusión (ver Figura 1).

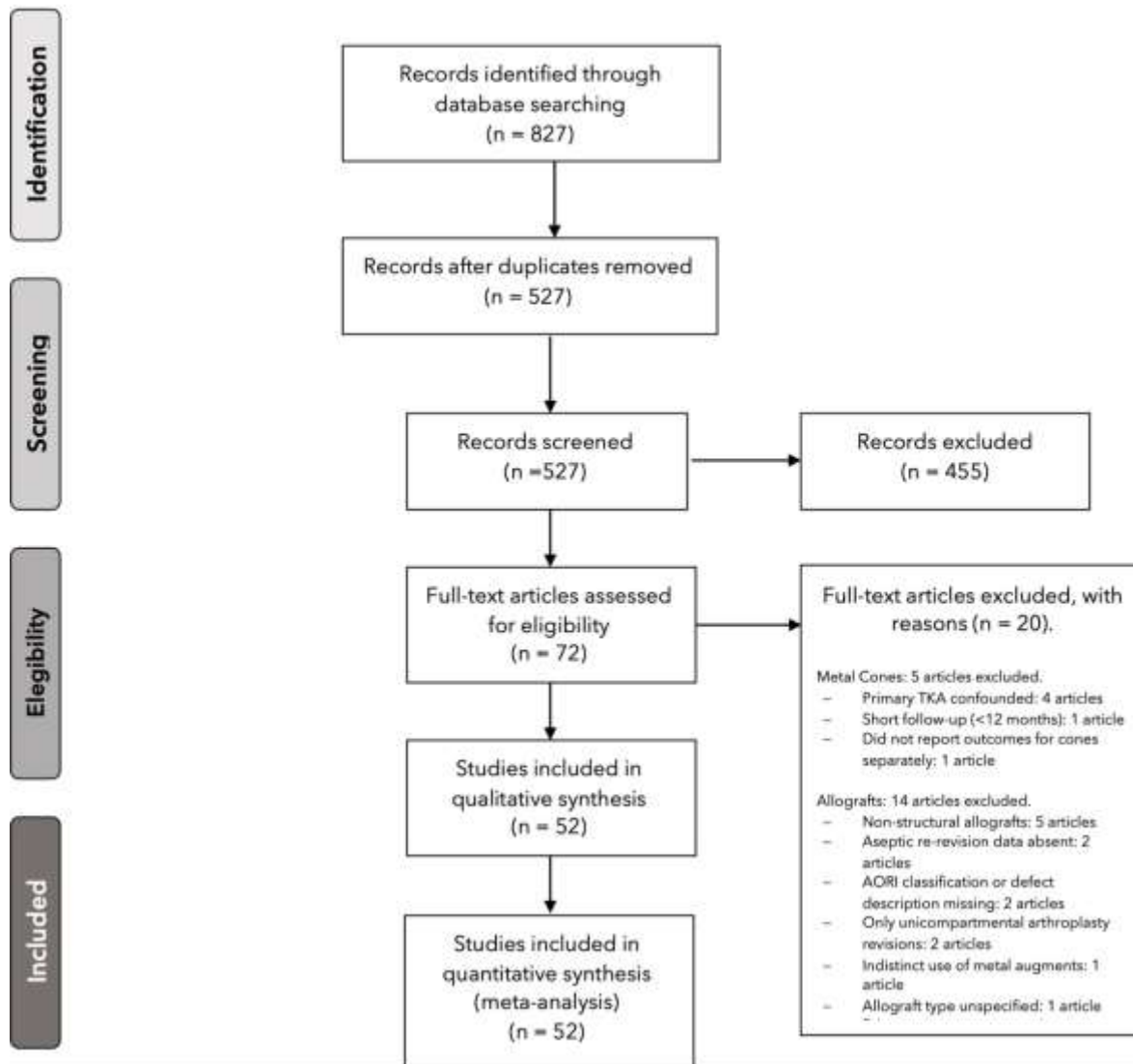


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de cribado y selección de estudios para la inclusión en un metaanálisis sobre cirugía de revisión de rodilla

6.2. Estudios incluidos

Esta revisión sistemática incluyó un total de 52 estudios que evaluaron el uso de conos de metal poroso y aloinjertos estructurales en la cirugía de revisión de artroplastia total de rodilla (rATR). En conjunto, estos estudios analizaron 2568 casos de rATR, de los cuales se utilizaron conos de metal poroso en algunos casos y aloinjertos estructurales en otros. Cabe destacar que ningún estudio incluyó una comparación directa entre estas dos opciones de tratamiento, sino que cada estudio se centró exclusivamente en informar los resultados de una u otra intervención.

La mayoría de los estudios incluidos fueron series de casos y cohortes retrospectivas, con un nivel de evidencia que oscilaba entre III y IV. En cuanto a la metodología de recopilación de datos, 51 estudios (96%) utilizaron un enfoque retrospectivo, mientras que solo 2 estudios (4%) fueron prospectivos.

Los estudios cubren un amplio período de tiempo, con publicaciones que abarcan desde 2001 hasta 2023, y fueron realizados en diversas regiones geográficas, incluyendo América del Norte, América del Sur, Europa y Asia. El tamaño de muestra mediano entre los estudios fue de 38 casos, con un rango que osciló entre 8 y 163 casos.

Todos los estudios incluidos se llevaron a cabo en entornos hospitalarios, y el muestreo de pacientes se realizó tanto de manera consecutiva como por conveniencia. Las características detalladas de los estudios incluidos, como el diseño del estudio, número de pacientes, tipo de cono, promedio del seguimiento y otras variables relevantes, se presentan en la Tabla 1.

Table 1. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática sobre conos y aloinjertos en cirugía de revisión de rodilla.

Estudio	Año	País	Recolección de datos	Número de pacientes	Promedio de edad de pacientes (años)	Número de conos/aloinjertos	Tipo de cono	Promedio del seguimiento (meses)
Conos de metal								
Abdelaziz et al.	2019	Alemania	Ambispectivo	72	70	101	Zimmer trabecular metal conos	49.9
Abdelaziz et al.	2019	Alemania	Retrospectivo	25	65	32	Zimmer trabecular metal conos	126.5
Bohl et al.	2017	USA	Retrospectivo	49	69	56	Zimmer trabecular metal conos	40.5
Burastero et al.	2018	Italia	Retrospectivo	60	67.9	94	Zimmer trabecular metal conos	43.5
Chalmers et al.	2021	USA	Retrospectivo	163	67	163	Stryker 2nd generation 3D-printed	30
De Martino et al.	2015	USA - Italia	Retrospectivo	18	73	26	Zimmer trabecular metal conos	72
Dehey et al.	2019	USA	Prospectivo	62	66	77	Stryker 2nd generation 3D-printed	27
Derome et al.	2013	Canadá	Retrospectivo	29	70	33	Zimmer trabecular metal conos	33
Erivan et al.	2020	Francia - USA	Retrospectivo	61	60.35	66	Zimmer trabecular metal conos	24
Girerd et al.	2016	Francia	Retrospectivo	51	68	71	Zimmer trabecular metal conos	34
Howard et al.	2011	USA	Retrospectivo	24	64	24	Zimmer trabecular metal conos	33
Jacquet et al.	2020	Francia	Retrospectivo	66	73.4	93	Zimmer trabecular metal conos	112
Jensen et al.	2014	Dinamarca	Retrospectivo	36	69	38	Zimmer trabecular metal conos	47
Kamath et al.	2015	USA	Retrospectivo	63	67	66	Zimmer trabecular metal conos	70
Long et al.	2009	USA	Retrospectivo	15	66.1	18	Zimmer trabecular metal conos	31
Mozella et al.	2013	Brasil	Ambispectivo	10	71.1	12	Zimmer trabecular metal conos	34.7
Ohlmeier et al.	2020	Alemania	Retrospectivo	52	68.6	52	Zimmer trabecular metal conos	22
Potter et al.	2016	USA	Retrospectivo	157	64	159	Zimmer trabecular metal conos	60
Rajgopal et al.	2021	India	Retrospectivo	48	66	68	Zimmer trabecular metal conos	107

Rao et al.	2013	Reino Unido	Retrospectivo	26	72	29	Zimmer trabecular metal cones	36
Sandiford et al.	2016	Reino Unido	Retrospectivo	14	71	14	Zimmer trabecular metal cones	87
Schmitz et al.	2013	Alemania	Retrospectivo	38	72	38	Zimmer trabecular metal cones	37
Villanueva-Martínez et al.	2012	España	Retrospectivo	21	73	29	Zimmer trabecular metal cones	36
Tetreault et al.	2020	USA	Retrospectivo	139	66	202	Stryker 2nd generation 3D-printed	28.8
Baek et al	2022	Korea	Retrospectivo	13	73.2	15	Zimmer trabecular metal cones	82.8
Gibon et al	2022	USA	Retrospectivo	107	64.7	107	Zimmer trabecular metal cones	29
De Martino et al	2022	Italia	Retrospectivo	24	72	31	Zimmer trabecular metal cones	132
Batinica et al	2022	Nueva Zelanda	Retrospectivo	44	70,4	51	Zimmer trabecular metal cones	48
Rossi et al	2022	Italia	Retrospectivo	101	68.6	139	Zimmer trabecular metal cones	90
Rajgopal et al	2019	India	Retrospectivo	11	63.8	22	Zimmer trabecular metal cones	57
Nikolaus et al	2017	USA	Retrospectivo	157	Sin información	159	Zimmer trabecular metal cones	60
Lachiwicz et al	2012	USA	Retrospectivo	27	64.6	33	Zimmer trabecular metal cones	39.6
Meneghini et al	2008	USA	Retrospectivo	15	68.1	15	Zimmer trabecular metal cones	34
Kotrych et al	2022	Polonia	Retrospectivo	64	71	64	Stryker 2nd generation 3D-printed	28
Fosco et al	2013	Italia	Retrospectivo	10	62	12	Zimmer trabecular metal cones	39.8
Panda et al	2018	India	Retrospectivo	59	69,7	80	Zimmer trabecular metal cones	83
Cherny et al	2021	Rusia	Retrospectivo	31	63	35	Stryker 2nd generation 3D-printed	24
Garcia-Mansilla et al	2021	Argentina	Retrospectivo	35	66.1	49	Zimmer trabecular metal cones	32.1
Schichman et al	2023	Países Bajos	Retrospectivo	123	66.1	156	Zimmer trabecular metal cones	36
Remily et al	2021	USA	Retrospectivo	54	65	68	Stryker 2nd generation 3D-printed	29.9
Monarréz et al	2022	USA	Retrospectivo	62	64	62	Stryker 2nd generation 3D-printed	40
Aloinjertos								
Sandiford et al.	2016	Canadá	Retrospectivo	30	66	30	No aplica	109

Backstein et al.	2006	Canadá	Retrospectivo	58	73.4	68	No aplica	64.8
Bauman et al.	2009	USA	Retrospectivo	65	67.9	87	No aplica	90
Burnett RS et al.	2009	USA	Retrospectivo	8	67.3	10	No aplica	48
Chun CH et al.	2014	Korea	Retrospectivo	27	67.96	38	No aplica	107
Cobra HAAB et al.	2013	Brasil	Retrospectivo	25	70	34	No aplica	55
Engh et al.	2007	USA	Retrospectivo	46	67	46	No aplica	97
Lyll et al.	2009	USA	Retrospectivo	15	59	15	No aplica	64.8
Wang et al.	2013	Taiwán	Retrospectivo	28	69.7	50	No aplica	76
Chuang et al	2022	Taiwán	Retrospectivo	12	68.1	12	No aplica	62.5
Clatworthy et al.	2001	Canadá	Retrospectivo	50	68	66	No aplica	96.9

6.3. Conos de metal poroso

Los conos de metal poroso se utilizaron en 41 estudios que involucraron a 2236 pacientes y 2568 conos. La demografía de los pacientes mostró una mayoría de mujeres en la mayoría de los estudios (rango del 30.5% al 92.3%) y una edad promedio de 68 años (rango de 24 a 92 años). El 83% de los estudios (34 estudios, 1959 conos) utilizó conos de metal trabecular de Zimmer, mientras que el 17% (7 estudios, 609 conos) utilizó conos de titanio de segunda generación impresos en 3D de Stryker. Esta nueva tecnología de cono de segunda generación surgió en estudios desde 2019. La distribución de los conos por ubicación dentro de los estudios indicó un mayor uso de conos tibiales en comparación con los conos femorales, lo que sugiere una mayor necesidad de reconstrucción tibial en la cohorte de pacientes. El aflojamiento aséptico fue la indicación más frecuente para rATR, seguida de indicaciones como la infección articular periprotésica (IAP), inestabilidad y fractura periprotésica. Otras razones específicas incluyeron problemas rotacionales, artrofibrosis, malrotación del componente, inestabilidad en flexión y desgaste de polietileno. Los tipos de prótesis asociadas con los conos de metal variaron, incluyendo diseños de prótesis posteroestabilizada, condilar constreñida y bisagra, tanto puros como rotativos. La duración media del seguimiento en los estudios fue de 53 meses (rango de 22 a 132 meses), lo que sugiere una evaluación de mediano o largo plazo del rendimiento de los conos de metal en rATR.

6.4. Aloinjertos estructurales

Los aloinjertos estructurales se utilizaron en 11 estudios que involucraron a 364 pacientes y 456 injertos. La demografía de los pacientes demostró una distribución comparable a la vista en los estudios de conos de metal, con una mayoría de pacientes mujeres (rango del 40.4% al 80.8%) y una edad promedio de 66 años (rango de 26 a 92 años). Los aloinjertos fueron predominantemente obtenidos de cabezas femorales y a menudo fueron congelados y moldeados para adaptarse a los sitios de defecto específicos. Otros aloinjertos incluyeron cabeza humeral, tibia proximal y fémur distal. Como se observó en los estudios de conos de metal, la mayoría de las reconstrucciones se dirigieron a defectos tibiales, con una menor proporción que abordó problemas femorales. Las indicaciones principales para rATR reflejaron similitudes con las de los estudios de conos de metal, con el aflojamiento aséptico y la IAP siendo las razones más frecuentemente citadas para la revisión. Otras causas comunes de rATR incluyeron inestabilidad, fractura, osteólisis y fallo del componente, lo que indica un escenario clínico similar para el uso tanto de aloinjertos como de conos de metal en escenarios de reconstrucción compleja de rodilla. Similar a los estudios de conos de metal, los estudios de aloinjertos utilizaron una variedad de opciones protésicas para abordar diferentes grados de inestabilidad articular y pérdida ósea. Se emplearon prótesis de

posteroestabilizadas, con constricción condilar y bisagra. Esto sugiere un nivel comparable de complejidad en los casos quirúrgicos donde se indicaron aloinjertos o conos de metal. En los estudios de aloinjertos, el período de seguimiento promedio fue notablemente más largo, de 83 meses (rango de 48 a 109 meses) en comparación con 53 meses en los estudios de conos de metal, lo que indica una evaluación más extendida de los resultados para el uso de aloinjertos estructurales en rATR.

6.5. Riesgo de sesgo

Parte 1 - Evaluación de la aplicabilidad de los estudios

La Figura 2 muestra la aplicabilidad de los estudios incluidos en las revisiones sistemáticas utilizando el PICO. Los estudios incluidos generalmente demostraron una buena aplicabilidad con respecto a las descripciones de la población y la intervención, con ambas categorías alcanzando más del 90% en la calificación de 'Buena'. Las descripciones de los resultados mostraron una distribución mixta de aplicabilidad, con una proporción considerable de estudios calificados como 'Buenos', pero también un porcentaje notable que indicaba 'Moderado', lo que sugiere variabilidad en la calidad y detalle de la presentación de resultados en los estudios.

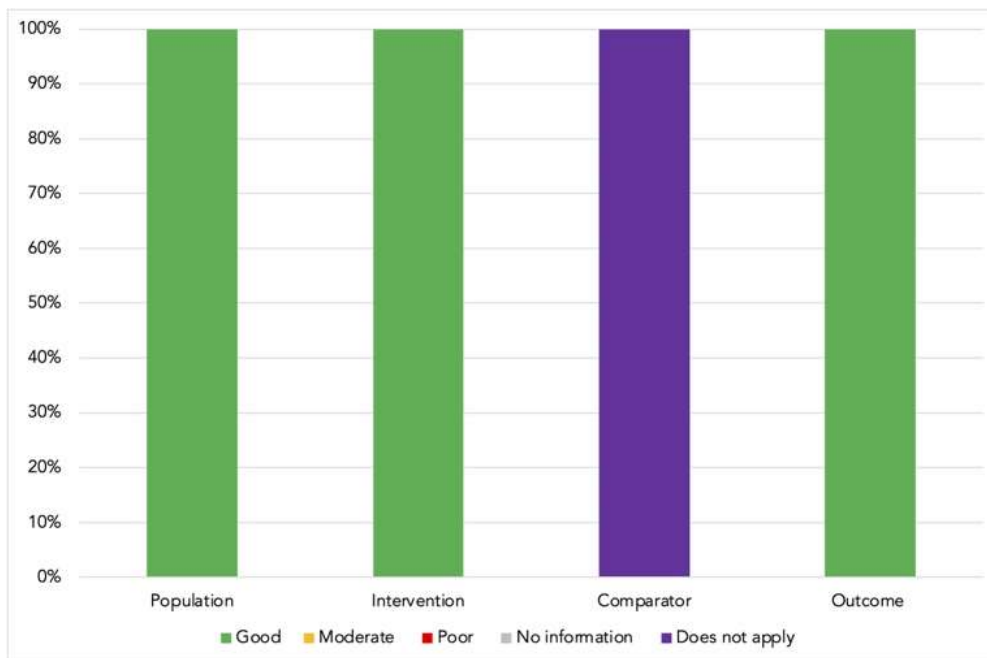


Figura 2. Distribución de la aplicabilidad de los estudios incluidos en las revisiones sistemáticas según el marco PICO, evaluable en tres dimensiones: población, intervención y resultados

Parte 2 - Evaluación de la calidad metodológica de los estudios

La Figura 3 presenta una evaluación detallada de la calidad metodológica de los 53 estudios observacionales incluidos en la revisión sistemática. Los resultados revelan preocupaciones significativas en relación con los factores de confusión y la pre-especificación del análisis. Más del 90% de los estudios mostraron un alto riesgo de sesgo debido a factores de confusión, lo que sugiere una falta de control adecuado sobre las variables que podrían influir en los resultados. Además, una proporción significativa de estudios fue calificada como 'Moderado' en el manejo de datos faltantes y sesgo de selección, lo que indica un cierto riesgo de sesgo en la selección y manejo de los datos. Sin embargo, la mayoría de los estudios reportaron el estado de la intervención de manera adecuada, con más del 90% calificados como 'Bueno'. Los procedimientos de evaluación de resultados variaron entre los estudios, lo que se refleja en una distribución uniforme entre las categorías de 'Bueno', 'Moderado' y 'Sin información'. Finalmente, la pre-especificación del análisis fue notablemente deficiente, con la mayoría de los estudios mostrando una falta de planes analíticos claros, lo que podría afectar potencialmente la confiabilidad de los resultados reportados.

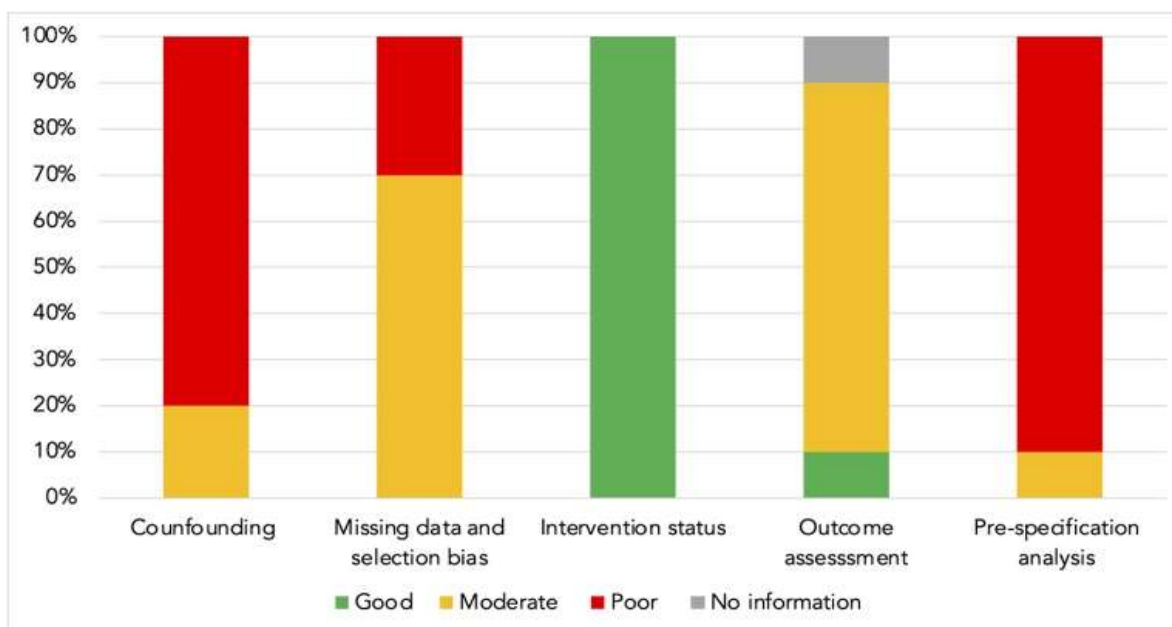


Figura 3. Calidad metodológica de los estudios observacionales: factores de confusión, manejo de datos y pre-especificación del análisis

6.6. Resultado primario: Re-revisión por aflojamiento aséptico

Resultado del metaanálisis

El metaanálisis sintetizó datos de 52 estudios para evaluar la incidencia de re-revisión debido a aflojamiento aséptico en pacientes que recibieron conos de metal poroso y aloinjertos estructurales. Los resultados del metaanálisis indican que la incidencia agrupada aleatoria para los conos de metal poroso fue del 0.71% (IC del 95%: 0.33% a 1.51%), lo que sugiere una baja incidencia de re-revisión debido a aflojamiento aséptico. Por otro lado, la incidencia agrupada aleatoria para los aloinjertos estructurales fue del 2.81% (IC del 95%: 1.11% a 6.92%), lo que indica una mayor incidencia de re-revisión debido a aflojamiento aséptico en este grupo. La heterogeneidad dentro de los grupos de tratamiento individuales fue considerable, aunque no fue estadísticamente significativa dentro del grupo de aloinjertos estructurales. La heterogeneidad general en todos los estudios también fue pronunciada, lo que refleja una variación sustancial en los resultados informados. La prueba de heterogeneidad entre los grupos de tratamiento no fue significativa, lo que sugiere que las diferencias en las incidencias de re-revisión debido a aflojamiento aséptico entre los aloinjertos estructurales y conos de metal poroso pueden no deberse únicamente a la variación entre los grupos. Las pruebas para la hipótesis nula, que postula que la incidencia es cero, fueron fuertemente rechazadas para los conos de metal, los aloinjertos estructurales y en el análisis general, lo que confirma una incidencia estadísticamente significativa de re-revisión debido a aflojamiento aséptico para ambos tratamientos, con los conos de metal mostrando una menor incidencia que los aloinjertos estructurales.

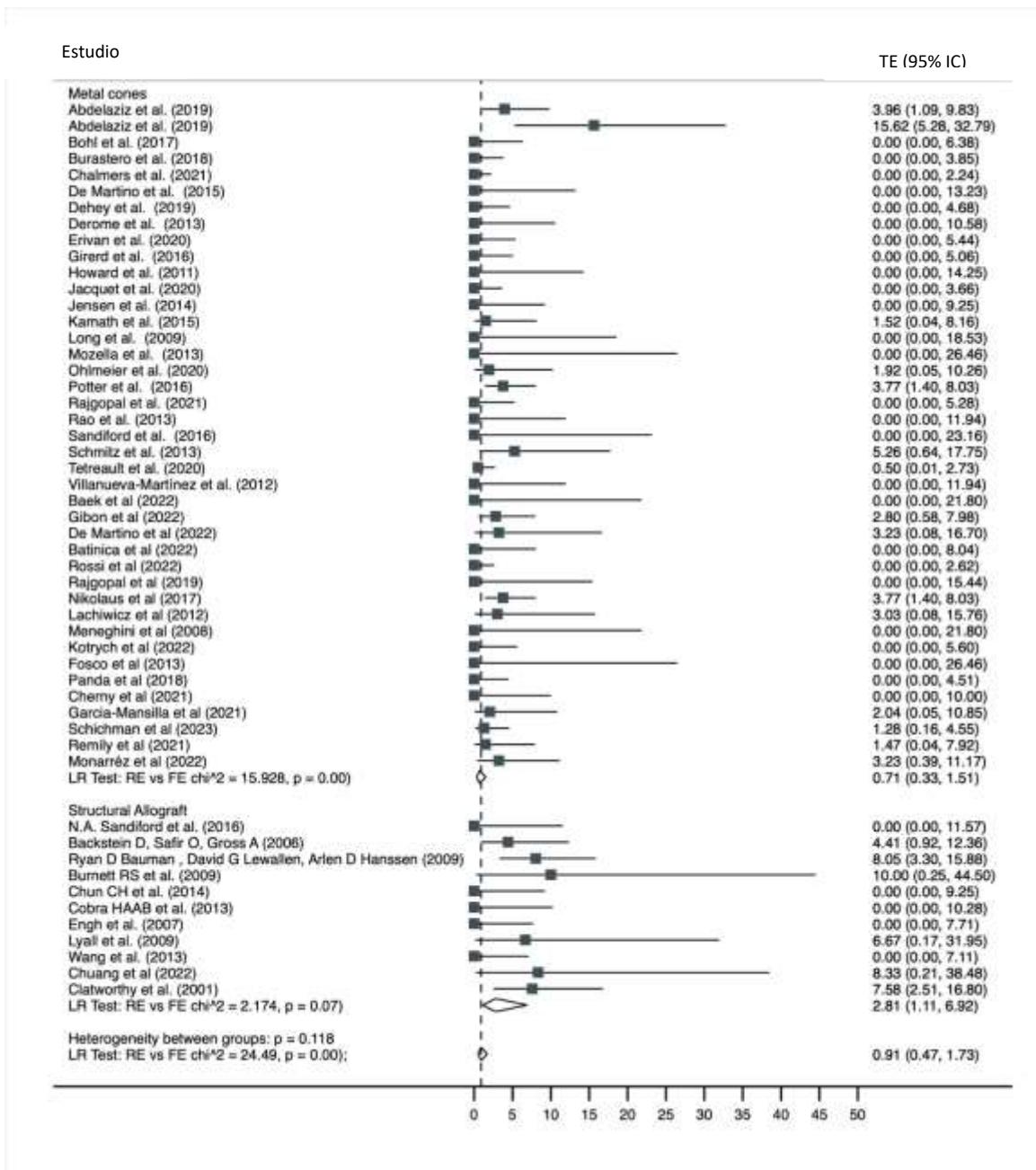


Figura 4. Forest plot de la comparación de la incidencia de re-revisión por aflojamiento aséptico entre conos de metal poroso y aloinjertos estructurales: resultados del metaanálisis. Cada línea representa un estudio individual con la estimación puntual del tamaño del efecto y las líneas horizontales representan el IC del 95%. El diamante representa el tamaño de efecto agrupado aleatorio en todos los estudios, con su ancho correspondiente al IC agrupado del 95%. El TE se mide como la proporción de incidencia. La columna de la izquierda enumera los nombres de los estudios categorizados por el tipo de intervención (conos de metal o aloinjertos estructurales). La heterogeneidad dentro de cada subgrupo y en el análisis general se indica mediante la estadística Tau-cuadrado, y se reporta el valor p para la prueba de heterogeneidad. El gráfico demuestra una incidencia agrupada más baja de re-revisión para los conos de metal en comparación con los aloinjertos estructurales.

6.7. Análisis de subgrupos

Dado que se observó una alta heterogeneidad y se encontró estadísticamente significativa dentro de los estudios que analizaron conos de metal porosos, se realizaron análisis de subgrupos para explorar posibles fuentes de esta heterogeneidad. Los análisis se centraron en dos variables específicas: la duración del seguimiento y el tamaño del estudio (medido por el número de conos utilizados).

Los estudios se categorizaron en tres grupos según la duración del seguimiento: aquellos con un seguimiento de 24 meses o menos, aquellos con un seguimiento entre 24 y 60 meses y aquellos con un seguimiento de 60 meses o más. La incidencia agrupada aleatoria de re-revisión debido a aflojamiento aséptico fue del 0,65% (IC del 95%: 0,09% a 4,49%) para los estudios con un seguimiento de 24 meses o menos, del 0,82% (IC del 95%: 0,37% a 1,80%) para los estudios con seguimiento entre 24 y 60 meses y del 0,85% (IC del 95%: 0,18% a 3,92%) para los estudios con seguimiento de 60 meses o más. Esto indica una baja incidencia mantenida a más largo plazo. La heterogeneidad dentro de estos subgrupos aún estaba presente pero reducida, lo que sugiere que la duración del seguimiento puede explicar parcialmente la heterogeneidad observada en el grupo general.

El análisis de subgrupos también se centró en el tamaño del estudio, dividiendo los estudios en tres categorías según el número de conos utilizados: aquellos con menos de 50 conos, aquellos con 50 a 100 conos y aquellos con más de 100 conos. La incidencia agrupada aleatoria resultó ser del 0,68% (IC del 95%: 0,14% a 3,28%) para los estudios con menos de 50 conos, del 0,46% (IC del 95%: 0,11% a 1,83%) para los estudios con 50 a 100 conos y del 1,47% (IC del 95%: 0,66% a 3,27%) para los estudios con más de 100 conos. La heterogeneidad fue moderada para los estudios con más de 100 conos y alta para aquellos con menos de 50 conos. La heterogeneidad fue menor para los estudios con 50 a 100 conos, lo que indica que el tamaño del estudio puede influir en la variabilidad de los resultados y podría explicar parte de la heterogeneidad observada en el metaanálisis.

En conclusión, aunque los análisis de subgrupos basados en la duración del seguimiento y el tamaño del estudio mostraron una tendencia a explicar parte de la heterogeneidad entre los estudios, la heterogeneidad permaneció dentro de los subgrupos. Esto indica que otros factores no medidos podrían estar contribuyendo a la heterogeneidad.

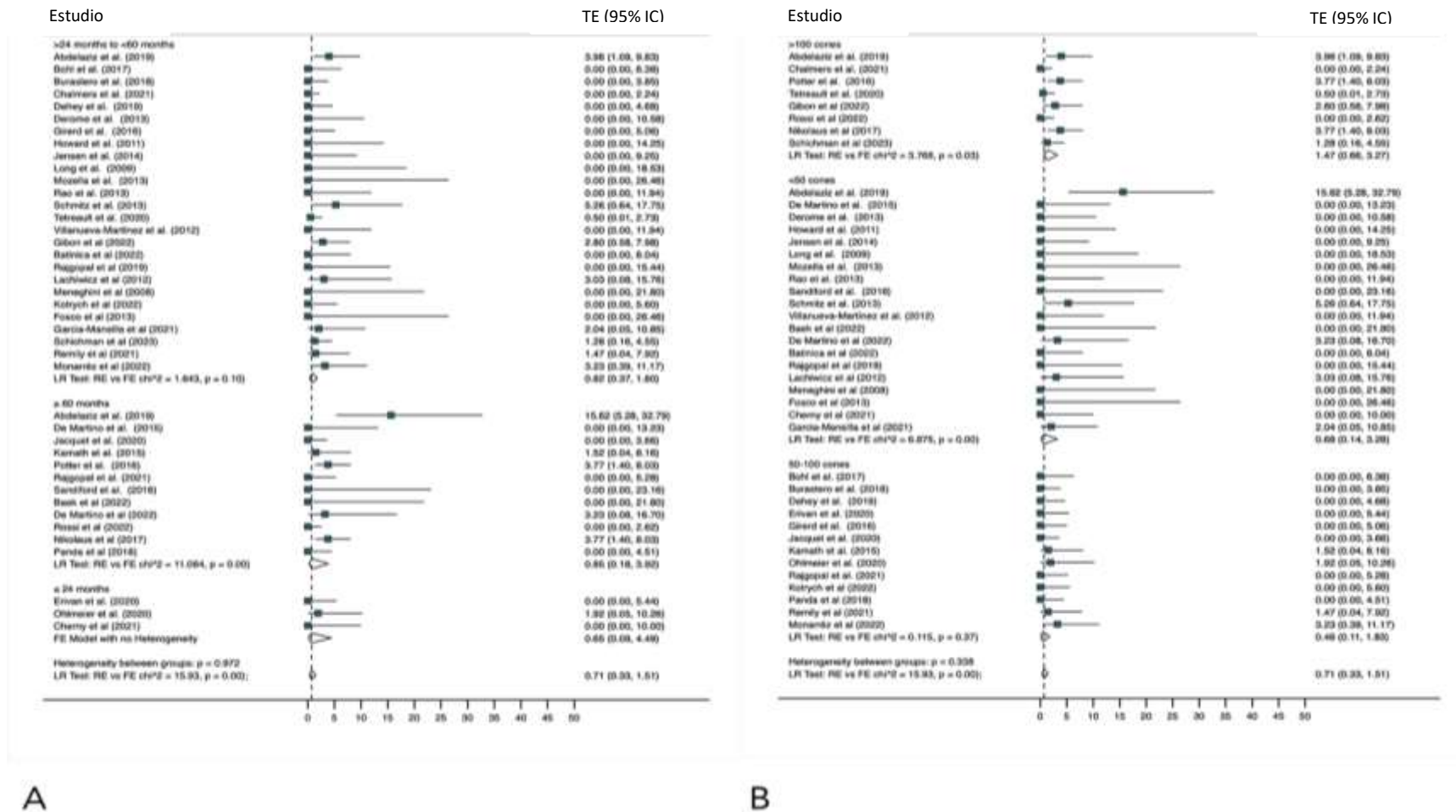


Figura 5. Distribución de la incidencia de re-revisión por aflojamiento aséptico según la duración del seguimiento y el tamaño del estudio en los conos de metal poroso. (A) análisis de subgrupos basado en la duración del seguimiento : >24 meses a <60 meses, ≥60 meses y ≤24 meses. (B) análisis de subgrupos basado en el tamaño del estudio: >100 conos, <50 conos y 50-100 conos. Cada estudio dentro de los subgrupos está representado por un estimado de punto e intervalo de confianza del 95% en un diagrama de forest plot. El tamaño del efecto agrupado (TE) para cada subgrupo se muestra junto con la prueba de heterogeneidad.

6.8 Análisis de tendencia temporal

El análisis de la tendencia temporal de publicaciones que informan sobre conos de metal poroso y aloinjertos estructurales de 2001 a 2022 reveló un aumento significativo en la presentación de conos de metal poroso a lo largo de los años, con un aumento especialmente notable a partir de 2012 en adelante. En contraste, los aloinjertos estructurales alcanzaron un pico temprano en 2009 pero desde entonces han sido relativamente menos reportados en la literatura. Esta tendencia sugiere una preferencia creciente o una mayor aplicabilidad de los conos de metal poroso en la práctica clínica durante el período observado.

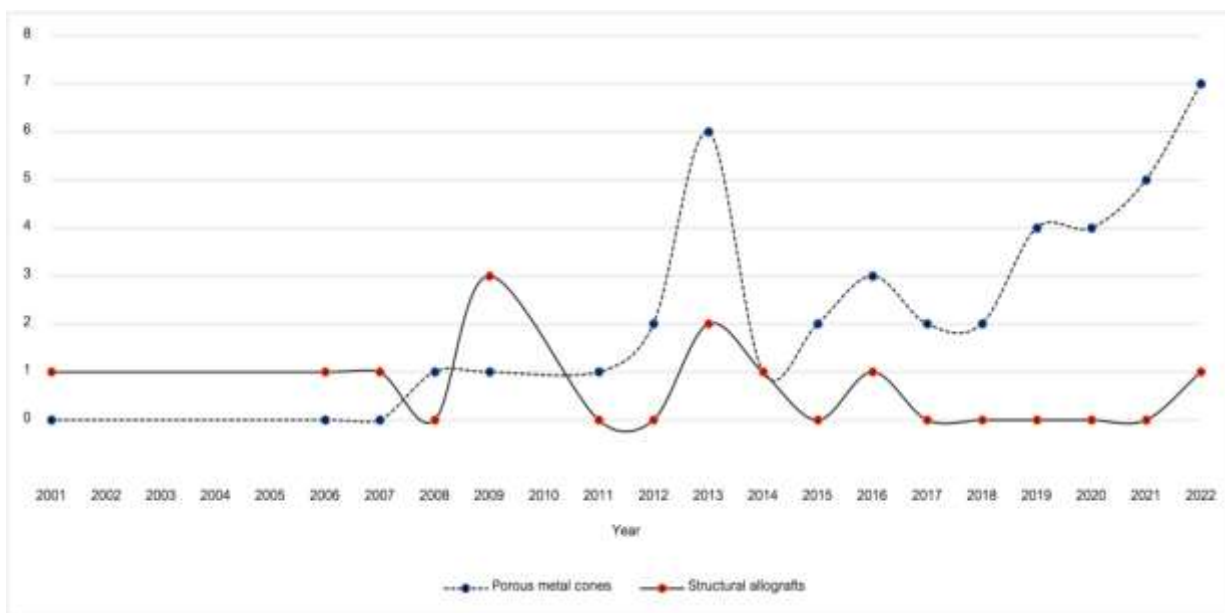


Figura 6. Tendencias anuales en la utilización de conos de metal poroso y aloinjertos estructurales para revisión de artroplastia total de rodilla (rATR): Un análisis comparativo desde 2001 hasta 2022. La línea punteada con marcadores azules representa el número de estudios por año que involucran conos de metal poroso, mostrando un aumento general en su uso con el tiempo, particularmente a partir de 2012 en adelante. La línea sólida con marcadores rojos indica el número de estudios por año centrados en aloinjertos estructurales, que muestra fluctuaciones a lo largo de los años sin una tendencia clara. Ambas líneas destacan el panorama en evolución de las opciones de manejo de artroplastia total de rodilla según lo informado en la literatura.

7. Conclusiones

La revisión sistemática reveló que los conos de metal porosos presentan una tasa significativamente menor de re-revisión por aflojamiento aséptico en comparación con los aloinjertos estructurales. Además, la alta heterogeneidad en los resultados sugiere variaciones en las técnicas quirúrgicas, tipos de pacientes y seguimientos entre los estudios. La tendencia temporal en la publicación de estudios muestra una creciente preferencia por el uso de conos de metal porosos, especialmente desde 2012.

Nuestra revisión sistemática destaca los conos de metal porosos como una opción confiable para manejar la pérdida ósea grave, demostrando una incidencia significativamente menor de re-revisión en comparación con los aloinjertos estructurales. Este hallazgo clave enfatiza la relevancia clínica de los conos de metal porosos para mejorar la longevidad de los resultados de la artroplastia total de rodilla, lo que respalda su mayor uso en reconstrucciones complejas de rodilla.

Sin embargo, la selección de opciones reconstructivas debe ser guiada por una evaluación integral de los factores del paciente, las características del defecto y la experiencia del cirujano. Los estudios futuros deben centrarse en los resultados clínicos a largo plazo y en las métricas informadas por el paciente para validar los beneficios funcionales de estas opciones reconstructivas. Además, la investigación debe apuntar a comprender las razones subyacentes de la heterogeneidad observada en los resultados e identificar las poblaciones de pacientes que pueden beneficiarse más de cada modalidad de tratamiento.

8. *Discusión*

El tratamiento de la pérdida ósea significativa durante la artroplastia total de rodilla (rATR) sigue siendo un desafío complejo que afecta significativamente los resultados del paciente. Nuestra revisión sistemática y metaanálisis representan un avance significativo en la literatura sobre la revisión de rATR. Al recopilar datos de 52 estudios que abarcan más de 2568 casos de rATR con defectos AORI 2 y 3, nuestra revisión proporciona el análisis más extenso hasta la fecha sobre la incidencia de la re-revisión debido al aflojamiento aséptico asociado con conos de metal poroso y aloinjertos estructurales.

Los conos de metal poroso, particularmente los conos de metal trabecular de Zimmer y los conos de titanio impresos en 3D de Stryker, han demostrado ser una solución prometedora para abordar los defectos óseos en rATR. El metaanálisis reveló una incidencia agrupada de re-revisión por aflojamiento aséptico del 0.71% para estos dispositivos, lo que sugiere una alta tasa de éxito a largo plazo (19, 20). Estos hallazgos concuerdan con estudios previos que han documentado la capacidad de los conos de metal poroso para proporcionar una estructura de soporte robusta y promover la integración ósea (21).

Por otro lado, los aloinjertos estructurales, predominantemente obtenidos de cabezas femorales, mostraron una incidencia agrupada de re-revisión por aflojamiento aséptico del 2.81%, lo que indica una menor efectividad en comparación con los conos de metal poroso. Estos resultados son coherentes con las preocupaciones planteadas en la literatura sobre la posible variabilidad y predictibilidad a largo plazo de los aloinjertos estructurales (22, 23).

El análisis de subgrupos basado en la duración del seguimiento y el tamaño del estudio sugiere que los conos de metal poroso son especialmente efectivos a largo plazo y en estudios con muestras más grandes. Estos hallazgos respaldan la durabilidad y el éxito en la integración ósea de estos dispositivos, como se ha informado en investigaciones anteriores (19).

Además, el análisis de tendencia temporal reveló un aumento significativo en el uso de conos de metal poroso desde 2012, mientras que el uso de aloinjertos estructurales alcanzó su punto máximo en 2009. Esta tendencia refleja un cambio en las preferencias clínicas hacia los conos de metal poroso, posiblemente debido a su mejor rendimiento y resultados a largo plazo documentados en la literatura (24).

Sin embargo, es importante tener en cuenta las limitaciones metodológicas de los estudios incluidos en esta revisión. La mayoría de los estudios fueron series de casos y cohortes retrospectivas, lo que aumenta el riesgo de sesgos, como el sesgo de selección y el sesgo de información (25). Además, la evaluación del riesgo de sesgo reveló preocupaciones significativas en relación con los factores de confusión y la pre-especificación del análisis, lo que podría afectar la validez de las conclusiones.

En resumen, los hallazgos de esta revisión sistemática sugieren que los conos de metal poroso ofrecen una solución más efectiva y duradera para la gestión de defectos óseos en rATR en comparación con los aloinjertos estructurales. Sin embargo, se necesitan más estudios prospectivos y de alta calidad para confirmar estos resultados y abordar las limitaciones metodológicas identificadas.

9. Implicaciones para la investigación

El presente estudio ofrece una revisión exhaustiva de la literatura disponible sobre el uso de aloinjertos y conos de metal trabeculado en la gestión de defectos óseos en cirugía de revisión de reemplazo de rodilla. A través de los objetivos definidos y la síntesis de datos de los artículos seleccionados, se logra entender el desempeño de cada intervención en términos de los desenlaces evaluados (tales como la tasa de re-revisión, la variabilidad de resultados y las preferencias de tratamiento entre especialistas), así como describir posibles diferencias entre métodos. Las principales limitaciones de esta investigación se derivan de la calidad de los estudios disponibles que cumplen con los criterios de inclusión. Se evaluaron los riesgos de sesgo de cada estudio de manera independiente por dos investigadores que extrajeron los datos, y cualquier discrepancia fue resuelta por un tercer investigador. La evaluación del riesgo de sesgo se realizó utilizando la escala de Newcastle-Ottawa.

10. Implicaciones para la práctica

Los resultados de esta investigación poseen una utilidad significativa en la práctica clínica, al proporcionar evidencia comparativa sobre la efectividad de los conos metálicos porosos y los aloinjertos estructurales en la revisión de artroplastia total de rodilla. Estos hallazgos pueden orientar a los cirujanos en la toma de decisiones informadas respecto al material reconstructivo más apropiado para cada caso, mejorando así los resultados quirúrgicos y reduciendo las tasas de re-revisión. Además, los resultados podrían influir en el desarrollo de protocolos y guías clínicas basados en evidencia, promoviendo prácticas óptimas que beneficien a pacientes con severos defectos óseos. En el ámbito académico, este estudio puede fomentar futuras investigaciones que profundicen en los resultados funcionales a largo plazo y en recomendaciones específicas para diversos perfiles de pacientes.

11. Conflicto de intereses

Ninguno de los autores ha declarado conflictos de interés relacionados con este estudio

12. Referencias

1. Iorio, R., Robb, W. J., Healy, W. L., Berry, D. J., Hozack, W. J., Kyle, R. F., ... & Johanson, N. A. (2008). Orthopaedic surgeon workforce and volume assessment for total hip and knee replacement in the United States: Preparing for an epidemic. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 90(7), 1598-1605.
2. Bhandari, M., Smith, J., Miller, L. E., & Block, J. E. (2012). Clinical and economic burden of revision knee arthroplasty. *Clinical Medicine Insights: Arthritis and Musculoskeletal Disorders*, 5, 89-94.
3. Paxton, E. W., Furnes, O., Namba, R. S., Inacio, M. C., Fenstad, A. M., & Havelin, L. I. (2011). Comparison of the Norwegian knee arthroplasty register and a United States arthroplasty registry. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 93(Suppl 3), 20-30.
4. Mancuso, F., Beltrame, A., Colombo, E., Miani, E., & Bassini, F. (2017). Management of metaphyseal bone loss in revision knee arthroplasty. *Acta Biomedica*, 88(2S), 98-111.
5. Engh, G. A., & Parks, N. L. (1997). The management of bone defects in revision total knee arthroplasty. *Instructional Course Lectures*, 46, 227-236.
6. Huff, T. W., & Sculco, T. P. (2007). Management of bone loss in revision total knee arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, 22(7 Suppl 3), 32-36.
7. Beckmann, N. A., Weiss, S., Klotz, M. C., Gondan, M., Jaeger, S., & Bitsch, R. G. (2014).

- Loosening after acetabular revision: comparison of trabecular metal and reinforcement rings. A systematic review. *The Journal of Arthroplasty*, 29(1), 229-235.
8. Shamseer, L., Moher, D., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., ... & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation. *BMJ*, 349, g7647.
 9. Kurtz, S. M., Lau, E., Ong, K., Zhao, K., Kelly, M., & Bozic, K. J. (2009). Future young patient demand for primary and revision joint replacement: national projections from 2010 to 2030. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 467(10), 2606-2612.
 10. Yim, J. H., Song, E. K., Khan, M. S., Sun, Z. H., & Seon, J. K. (2013). A comparison of classical and anatomical total knee alignment methods in robotic total knee arthroplasty: classical and anatomical knee alignment methods in TKA. *The Journal of Arthroplasty*, 28(6), 932-937.
 11. Pua, Y. H. (2015). The Time Course of Knee Swelling Post Total Knee Arthroplasty and Its Associations with Quadriceps Strength and Gait Speed. *The Journal of Arthroplasty*, 30(7), 1215-1219.
 12. Alcelik, I., Pollock, R. D., Sukeik, M., Bettany-Saltikov, J., Armstrong, P. M., & Fismer, P. (2012). A comparison of outcomes with and without a tourniquet in total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The Journal of Arthroplasty*, 27(3), 331-340.
 13. Price, M., Malkani, A. L., & Baker, D. (2009). Fulkerson procedure for chronic patella component dislocation after total knee arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, 24(6), 914-917.
 14. Hu, C. Y., & Yoon, T. R. (2018). Recent updates for biomaterials used in total hip arthroplasty. *Biomaterials Research*, 22(1), 1-14.
 15. Lee, G. C., & Marconi, D. (2015). Complications Following Direct Anterior Hip Procedures: Costs to Both Patients and Surgeons. *The Journal of Arthroplasty*, 30(9 Suppl), 98-101.
 16. Mizner, R. L., Petterson, S. C., Stevens, J. E., Vandenborne, K., & Snyder-Mackler, L. (2005). Early quadriceps strength loss after total knee arthroplasty. The contributions of muscle atrophy and failure of voluntary muscle activation. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 87(5), 1047-1053.
 17. Bingham, J. S., Bukowski, B. R., Wyles, C. C., Pareek, A., Berry, D. J., & Abdel, M. P. (2019). Rotating-Hinge Revision Total Knee Arthroplasty for Treatment of Severe Arthrofibrosis. *The Journal of Arthroplasty*, 34(7S), S271-S276.

18. Kurtz, S. M., Lau, E., Ong, K., Zhao, K., Kelly, M., & Bozic, K. J. (2009). Future Young Patient Demand for Primary and Revision Joint Replacement: National Projections from 2010 to 2030. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 467(10), 2606-2612.
19. Meneghini, R. M., Lewallen, D. G., & Hanssen, A. D. (2008). Use of porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss during revision total knee replacement. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 90(1), 78–84.
<https://doi.org/10.2106/JBJS.F.01495>
20. Kamath, A. F., Lewallen, D. G., & Hanssen, A. D. (2015). Porous tantalum metaphyseal cones for severe tibial bone loss in revision knee arthroplasty: a five to nine-year follow-up. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 97(3), 216–223.
<https://doi.org/10.2106/JBJS.N.00540>
21. Dzidzishvili, L., Sáez, D., & Calvo, E. (2024). Metaphyseal cones combined with diaphyseal impaction grafting provide good outcomes and survival in a complex revision total knee arthroplasty: a matched comparative analysis. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology : Orthopedie Traumatologie*, 34(1), 577–583.
<https://doi.org/10.1007/S00590-023-03659-Y>
22. Malhotra, R., Garg, B., & Kumar, V. (2011). Dual massive skeletal allograft in revision total knee arthroplasty. *Indian Journal of Orthopaedics*, 45(4), 368.
<https://doi.org/10.4103/0019-5413.82345>
23. Engh, G. A., & Ammeen, D. J. (2007). Use of structural allograft in revision total knee arthroplasty in knees with severe tibial bone loss. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 89(12), 2640–2647. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00865>
24. Mancino, F., Di Matteo, V., Mocini, F., Pietramala, S., Singlitico, A., De Fazio, A., La Vergata, V., Gasparini, G., Maccauro, G., & De Martino, I. (2022). Short-Term Survivorship of 3D-Printed Titanium Metaphyseal Cones in Revision Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review. *Orthopedic Reviews*, 14(5).
<https://doi.org/10.52965/001C.35891>
25. Rajgopal, A., Kumar, S., & Aggarwal, K. (2021). Midterm Outcomes of Tantalum Metal Cones for Severe Bone Loss in Complex Primary and Revision Total Knee Arthroplasty. *Arthroplasty Today*, 7, 76. <https://doi.org/10.1016/J.ARTD.2020.12.004>