PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE SALUD Y BIENESTAR

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN CIRUGÍA TRAUMATOLÓGICA Y ORTOPÉDICA

SUBMODALIDAD: ARTÍCULO

TEMA:

"RECONSTRUCCIÓN ARTROSCÓPICA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR CON INJERTOS AUTÓLOGOS Y ALOINJERTOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE EFICACIA Y SEGURIDAD CLÍNICA"

AUTOR (ES): *Milton Xavier Ramos Fonseca*

DIRECTOR: *Jorge Eduardo Tigua Chipantiza*

QUITO-ECUADOR

2025

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las políticas y manuales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas políticas.

Asimismo, cedo los derechos en línea patrimoniales de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción dentro de las regulaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: 

Nombre: *Milton Xavier Ramos Fonseca*

DEDICATORIA

Este Artículo científico está dedicado en primer lugar a mi familia : Mi padre Milton Ramos Molina quien ha sido micena en esta especialización , una gran fuente de inspiración , Mi Madre Helena Fonseca quien estuvo alentando y dándome ánimos para no desfallecer. mi Hermana Patricia Ramos quien desde pequeño ha confiado en mí, por tener esa fé que íbamos a terminar este largo proceso. Por último a los tratantes de Traumatología de la Novaclinica Del Valle quienes con su experiencia quirúrgica me hicieron partícipes por primera vez de una artroscopia de rodilla.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Universidad Católica del Ecuador por permitirme realizar esta especialización médica , a los profesores que estuvieron ahí con paciencia enseñándome y ayudándome a seguir creciendo profesionalmente . También quiero agradecer a cada uno de los Hospitales en los que tuve la oportunidad de realizar mi rotación permitiendo ganar experiencia, a cada uno de los pacientes que de manera muy cordial fueron partícipes de este gran esfuerzo . También quiero agradecer a Enna Tomalá y Fernando Fonseca mis padrinos quienes por motivo de distancia no han podido estar físicamente , pero se que todas sus oraciones me han alcanzado . Para finalizar quiero agradecer a la Novaclinica del Valle por abrirme las puertas para trabajar desde el año 2018 como residente médico y ahora como Tratante.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR 2

DEDICATORIA 3

AGRADECIMIENTOS 3

TITULO: RECONSTRUCCIÓN ARTROSCÓPICA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR CON INJERTOS AUTÓLOGOS Y ALOINJERTOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE EFICACIA Y SEGURIDAD CLÍNICA 7

RESUMEN 7

ABSTRACT 7

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 8

JUSTIFICACIÓN 9

MARCO TEÓRICO 9

1. Anatomía funcional del ligamento cruzado anterior (LCA) y biomecánica de la rodilla 9

1.1 Anatomía macroscópica y microscópica del LCA 9

1.2 Morfología del LCA y de sus huellas femoral y tibial 10

1.3 Biomecánica del LCA y su rol en la estabilidad de la rodilla 11

1.4 Cambios morfológicos y funcionales del LCA asociados a la edad y al deporte 11

2. Epidemiología y relevancia clínica de la lesión del LCA 11

2.1 Incidencia y población afectada 11

2.2 Consecuencias funcionales y a largo plazo 12

3. Opciones terapéuticas de la lesión del LCA 13

3.1 Tratamiento conservador vs quirúrgico 13

3.2 Reconstrucción artroscópica del LCA: concepto general 14

4. Principios quirúrgicos de la reconstrucción artroscópica del LCA 14

4.1 Principios técnicos básicos 14

4.2 Tendencias actuales 15

5. Tipos de injertos en la reconstrucción del LCA 16

5.1 Injertos autólogos 16

5.2 Aloinjertos 17

5.3 Propiedades biomecánicas y biológicas comparativas de los injertos 17

6. Evaluación de resultados clínicos, funcionales y de estabilidad 18

6.1 Escalas y herramientas de evaluación 18
6.2 Resultados reportados según tipo de injerto 19
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 19
METODOLOGÍA 20
Criterios de elegibilidad 20
Criterios de inclusión 20
Criterios de exclusión 20
Fuentes de información 20
Estrategia de búsqueda 20
Proceso de selección de estudios 21
Proceso de extracción de datos 21
Riesgo de sesgo de los estudios individuales 21
Síntesis de los resultados 22
RESULTADOS ESPERADOS 22
Estudios incluidos 22
Riesgo de sesgo de los estudios incluidos 23
RoB 2 (Risk of Bias 2) de Cochrane 23
Evaluación de la calidad metodológica de los estudios observacionales 24
Síntesis de los resultados 25
Resultados clínicos y funcionales 25
Complicaciones y morbilidad del sitio donante 27
Características de los estudios comparativos autoinjerto vs aloinjerto 28
Tipos de injerto utilizados 31
Desenlaces clínicos y funcionales reportados por los estudios 32
Distribución del tiempo de seguimiento 34
Estabilidad articular postoperatoria 35
Fallo del injerto (rerrotura / revisión) 36
Discusión 37
RECURSOS MATERIALES. 38

Recursos informáticos 39
Bases de datos científicas y repositorios 39
Software y herramientas de apoyo a la investigación 39
Material metodológico y normativo 39
TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO 39
CRONOGRAMA DE TRABAJO POR OBJETIVOS 40
REFERENCIAS CITADAS 41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Filtros y búsqueda en bases de datos 22
Tabla 2. Evaluación del riesgo de sesgo de los ensayos clínicos aleatorizados mediante la herramienta RoB 2. 24
Tabla 3. Evaluación de la calidad metodológica de estudios observacionales mediante Newcastle–Ottawa Scale (NOS) 24
Tabla 4. Estudios clínicos comparativos de autoinjertos frente a aloinjertos o injertos híbridos en la reconstrucción artroscópica del LCA. 29

ÍNDICE DE FIGURAS´

Figura 1. Puntajes funcionales promedio según tipo de injerto. 28
Figura 2. Distribución de estudios según tipo de injerto. 30
Figura 3. Frecuencia de tipos de injerto utilizados en los 85 estudios incluidos 31
Figura 4. Distribución de estudios según escala funcional 32
Figura 5. Proporción de estudios que reportan cada escala 32
Figura 6. Desenlaces estructurales y de seguridad reportados 33
Figura 7. Proporción de estudios según desenlaces reportados 33
Figura 8. Distribución del tiempo de seguimiento en los 85 estudios incluidos, agrupado en < 24 meses, ≥ 24 meses y estudios sin seguimiento claramente reportado. 35
Figura 9. Número de estudios que reportan estabilidad articular y fallo del injerto (n = 85). 35
Figura 10. Distribución de fallos de injerto en los estudios que los reportan. 36
Figura 11. Distribución cuantitativa del número de fallos de injerto según tipo de injerto. 37

TITULO: RECONSTRUCCIÓN ARTROSCÓPICA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR CON INJERTOS AUTÓLOGOS Y ALOINJERTOS: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE EFICACIA Y SEGURIDAD CLÍNICA

RESUMEN

Introducción:

La reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior (LCA) es uno de los procedimientos más frecuentes en traumatología deportiva. La elección del injerto continúa siendo motivo de debate, especialmente entre injertos autólogos y aloinjertos, debido a posibles diferencias en estabilidad articular, resultados funcionales, complicaciones y riesgo de fallo del injerto. Contar con evidencia sintetizada y clínicamente orientada resulta fundamental para optimizar la toma de decisiones quirúrgicas en pacientes adultos.

Objetivos:

Comparar los resultados clínicos, funcionales y las complicaciones asociadas al uso de injertos autólogos (semitendinoso, tendón rotuliano, peroneus longus y otros) y aloinjertos en la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior en pacientes adultos.

Métodos:

Se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo las recomendaciones PRISMA 2020. Se incluyeron estudios primarios comparativos publicados en inglés o español, en pacientes adultos sometidos a reconstrucción artroscópica del LCA con injertos autólogos o aloinjertos. La búsqueda se efectuó en PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y SciELO. Se extrajeron datos sobre estabilidad articular, resultados funcionales (IKDC, Lysholm, KOOS y Tegner), fallo del injerto, complicaciones postoperatorias y morbilidad del sitio donante. La síntesis se realizó de forma descriptiva y comparativa.

Resultados esperados:

Se incluyeron 85 estudios primarios. Los autoinjertos fueron los más frecuentemente utilizados, especialmente los de isquiotibiales, seguidos por hueso-rotuliano-tendón-hueso, tendón cuadricipital y peroneus longus. Los resultados funcionales fueron globalmente satisfactorios en ambos tipos de injerto, con puntuaciones elevadas en IKDC, Lysholm y KOOS, y sin diferencias clínicamente consistentes entre autoinjertos y aloinjertos en la mayoría de los estudios comparativos. La estabilidad articular postoperatoria también fue adecuada en ambos grupos. Las principales diferencias se observaron en el perfil de complicaciones: los autoinjertos se asociaron con mayor morbilidad del sitio donante, mientras que los aloinjertos mostraron ventajas por la ausencia de esta morbilidad, aunque en determinados subgrupos se observó una tendencia a mayor riesgo de fallo del injerto.

Palabras clave (DECs/MeSH):

Ligamento cruzado anterior; Reconstrucción del ligamento cruzado anterior; Autoinjerto; Aloinjerto; Artroscopia; Traumatología deportiva.

ABSTRACT

Introduction:

Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction is one of the most frequently performed procedures in sports traumatology. However, graft selection remains controversial, particularly between autografts and allografts, due to potential differences in joint stability, functional outcomes, complications, and graft failure risk. Synthesized and clinically oriented evidence is essential to optimize surgical decision-making in adult patients.

Objectives:

To compare the clinical outcomes, functional results, and complications associated with the use of autografts (hamstring tendon, patellar tendon, peroneus longus, and others) and allografts in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction in adult patients.

Methods:

A systematic review of the literature was conducted following the PRISMA 2020 recommendations. Comparative primary studies published in English or Spanish were included, involving adult patients undergoing arthroscopic ACL reconstruction with autografts or allografts. The search was performed in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, and SciELO. Data regarding joint stability, functional outcomes (IKDC, Lysholm, KOOS, and Tegner scores), graft failure, postoperative complications, and donor-site morbidity were extracted. A descriptive and comparative synthesis was carried out.

Expected Results:

A total of 85 primary studies were included. Autografts were the most frequently used graft type, especially hamstring tendon grafts, followed by bone–patellar tendon–bone, quadriceps tendon, and peroneus longus grafts. Functional outcomes were generally satisfactory in both graft groups, with high IKDC, Lysholm, and KOOS scores, and without clinically consistent differences between autografts and allografts in most comparative studies. Postoperative joint stability was also adequate in both groups. The main differences were observed in the complication profile: autografts were associated with greater donor-site morbidity, whereas allografts offered the advantage of avoiding donor-site complications, although some subgroups showed a tendency toward higher graft failure risk.

Keywords (DECs/MeSH):

Anterior cruciate ligament; Anterior cruciate ligament reconstruction; Autograft; Allograft; Arthroscopy; Sports traumatology.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las más frecuentes y discapacitantes en deportistas y personas físicamente activas, especialmente en futbolistas, con una alta incidencia que compromete la estabilidad y función de la rodilla, limita el retorno al deporte y aumenta el riesgo de nuevas lesiones y de osteoartritis precoz a largo plazo (1). La reconstrucción artroscópica del LCA se considera el tratamiento estándar para restaurar la estabilidad articular; sin embargo, la elección del tipo de injerto continúa siendo un punto de controversia debido a la variabilidad de los resultados clínicos y funcionales reportados y a la ausencia de un consenso definitivo (2,3).

Los injertos autólogos más utilizados incluyen el tendón semitendinoso, el tendón rotuliano y el tendón peroneo, mientras que los aloinjertos, provenientes de tejido cadavérico o bancos de tejidos, representan una alternativa indicada en contextos específicos. Diversos factores técnicos (técnica quirúrgica, localización y fijación de túneles, diámetro del injerto) y propios del paciente (edad, sexo, nivel de actividad, comorbilidades) influyen en la estabilidad postoperatoria, la recuperación funcional y la incidencia de complicaciones como falla del injerto, rigidez articular o infecciones (2). Registros nacionales han señalado un mayor riesgo de revisión quirúrgica con el uso de semitendinoso respecto al rotuliano, mientras otros estudios encuentran resultados comparables entre distintos injertos, lo que evidencia discrepancias y la necesidad de rectificar o ratificar el conocimiento disponible mediante análisis comparativos más rigurosos (4,5).

Asimismo, los factores biológicos y mecánicos propios de cada tipo de injerto condicionan la integración tisular y la supervivencia del injerto a mediano y largo plazo, por lo que persiste un vacío de evidencia sintética que permita establecer precedentes claros sobre cuál opción ofrece un mejor balance entre eficacia y seguridad clínica en población adulta (3). En este contexto, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la comparación en resultados clínicos, funcionales y en la incidencia de complicaciones entre injertos autólogos (semitendinoso, rotuliano, peroneo) y aloinjertos en la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior en pacientes adultos?

JUSTIFICACIÓN

La reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) es un procedimiento central en la medicina deportiva y la ortopedia debido a la elevada frecuencia de esta lesión en atletas y personas físicamente activas, así como al impacto que produce sobre la estabilidad de la rodilla, la funcionalidad y la calidad de vida de los pacientes (6). Esta condición se asocia con limitaciones para el retorno al deporte, riesgo de nuevas lesiones y potencial desarrollo de cambios degenerativos en la articulación, lo que le confiere una clara relevancia clínica y social (6,7).

En las últimas décadas, las técnicas artroscópicas, los sistemas de fijación y el apoyo de métodos de diagnóstico por imagen han permitido mejorar la precisión quirúrgica y el seguimiento postoperatorio, con el objetivo de optimizar los resultados funcionales y la estabilidad articular (7). Sin embargo, persiste una controversia relevante respecto a la selección del tipo de injerto autólogo, como los tendones semitendinoso, rotuliano o peroneo, frente a aloinjertos, debido a la variabilidad observada en los resultados clínicos, el retorno a la actividad física, la morbilidad del sitio donante y las complicaciones asociadas (8). Ensayos clínicos han evidenciado que la reconstrucción quirúrgica ofrece mejores resultados que el tratamiento conservador en términos de estabilidad y función, pero no definen de forma concluyente qué injerto proporciona el mejor equilibrio entre eficacia y seguridad en diferentes perfiles de pacientes (9).

Desde el punto de vista práctico, contar con una síntesis sistemática y crítica de la evidencia disponible que compare injertos autólogos y aloinjertos permitiría apoyar la toma de decisiones clínicas basadas en resultados objetivos, considerar características del paciente como edad, nivel de actividad física y contexto deportivo, y ajustar de manera más racional los protocolos de rehabilitación al tipo de injerto utilizado (9,10). Esto podría contribuir a reducir la tasa de reintervenciones, optimizar el retorno a la actividad y disminuir las complicaciones postoperatorias.

En el ámbito teórico y metodológico, una revisión sistemática que contraste los resultados clínicos, funcionales y las complicaciones asociadas a los diferentes injertos en la reconstrucción artroscópica del LCA permitirá ratificar, rectificar o cuestionar el conocimiento existente, además de identificar vacíos de evidencia, especialmente en relación con determinados tipos de injertos o subpoblaciones específicas (8,10). La aplicación rigurosa de criterios de selección, evaluación de calidad y síntesis de resultados también aportará un marco metodológico útil para futuras investigaciones en el campo de la cirugía de rodilla. Por estas razones, la realización de esta revisión sistemática es conveniente, relevante y necesaria para fortalecer la práctica clínica basada en la evidencia en pacientes sometidos a reconstrucción artroscópica del LCA.

MARCO TEÓRICO

1. Anatomía funcional del ligamento cruzado anterior (LCA) y biomecánica de la rodilla

1.1 Anatomía macroscópica y microscópica del LCA

El ligamento cruzado anterior (LCA) es una banda de tejido conectivo denso que se extiende desde la tibia hasta el fémur y constituye una de las principales estructuras estabilizadoras de la rodilla, al resistir la traslación anterior de la tibia y las cargas de rotación (11). Anatómicamente, se origina en la región anterior de la meseta tibial,

entre las eminencias intercondíleas, y se dirige en sentido posterior, proximal y lateral para insertarse en la porción posteromedial del cóndilo femoral lateral (12).

La longitud del LCA en extensión oscila aproximadamente entre 27–38 mm, con un ancho de 10–12 mm y un área seccional media cercana a 44 mm², configurando una estructura de geometría irregular, más ancha en sentido anteroposterior que mediolateral (13). El ligamento se organiza clásicamente en dos haces principales: anteromedial (HAM) y posterolateral (HPL), descritos según su inserción tibial (12). El HAM se encuentra más tenso en flexión, mientras que el HPL se tensa preferentemente en extensión, lo que permite al LCA contribuir a la estabilidad durante todo el arco de movimiento de la rodilla (12). Algunos estudios anatómicos describen además un haz intermedio o variaciones en el número de fascículos, lo que refuerza la idea de una considerable variabilidad morfológica interindividual (13).

Desde el punto de vista histológico, el LCA está constituido principalmente por colágeno tipo I (~90 %) y, en menor proporción, colágeno tipo III (~10 %), inmersos en una matriz de proteoglucanos, glicoproteínas y un sistema elástico que le permite soportar cargas multiaxiales y deformaciones variables sin perder su integridad funcional (13,11). El ligamento se encuentra recubierto por una vaina sinovial, lo que explica que sea intraarticular pero extrasinovial (11). Su vascularización depende principalmente de ramas de la arteria genicular media, mientras que la inervación está dada por ramas del nervio tibial, que aportan mecanorreceptores relacionados con la propiocepción de la rodilla (13,12).

En conjunto, la arquitectura macro y microscópica del LCA explica su rol crítico en la estabilidad de la rodilla y condiciona la forma en que los injertos tendinosos deben intentar reproducir su comportamiento nativo durante la reconstrucción artroscópica.

1.2 Morfología del LCA y de sus huellas femoral y tibial

La morfología del LCA no solo es relevante a nivel del cuerpo ligamentario, sino también en sus zonas de inserción femoral y tibial (“huellas” o footprints), que constituyen referencias anatómicas esenciales para una reconstrucción anatómica. Estudios anatómicos y de imagen recientes han demostrado una amplia variabilidad en la forma y tamaño del ligamento y de sus huellas, lo que ha llevado a replantear la idea de un LCA con geometría simple y uniforme (13,11).

En la huella femoral, el LCA se inserta en la cara medial del cóndilo femoral lateral, ocupando aproximadamente los dos tercios superiores de la pared intercondílea (11). En rodillas jóvenes, esta inserción se ha descrito con una morfología semicircular amplia, en íntimo contacto con el cartílago articular posterior (14). Con el envejecimiento, dicha huella tiende a transformarse en una estructura más pequeña y aplanada, con aspecto de cinta (ribbon-like), que se aleja del borde del cartílago y queda limitada anteriormente por la cresta intercondílea lateral. Esta transición de una inserción semicircular a una huella estrecha ha sido demostrada en estudios cadavéricos comparativos entre sujetos menores y mayores de 50 años, con diferencias significativas en área y morfometría (14).

En la huella tibial, el LCA se origina en el área intercondílea anterior, anterior y medial a la espina tibial lateral (12). La morfología de esta inserción también muestra una gran variabilidad; se ha descrito como triangular, ovoide u oval, en “herradura”, en “C” y otras variantes (13). En rodillas jóvenes, predomina una huella tibial oval o elíptica, mientras que en rodillas mayores de 50 años se ha documentado un cambio hacia una morfología en “C”, con adelgazamiento de fibras posterolaterales y aparición de un espacio posterior ocupado por tejido sinovial o conectivo (15).

Esta variabilidad morfológica de las huellas femoral y tibial tiene implicaciones directas sobre la cirugía reconstructiva: la posición, forma y tamaño de los túneles óseos deben individualizarse según la anatomía específica del paciente, la edad y la morfología nativa del LCA, para optimizar la cobertura de las huellas originales y, en teoría, la restauración de la cinemática de la rodilla.

1.3 Biomecánica del LCA y su rol en la estabilidad de la rodilla

Funcionalmente, el LCA cumple un papel dual: limita la traslación anterior de la tibia con respecto al fémur y contribuye al control de la rotación interna tibial y del valgo de rodilla, especialmente en rangos de flexión típicos de la actividad deportiva (13). La interacción coordinada de sus haces anteromedial y posterolateral permite que el ligamento se mantenga funcional a lo largo del arco de movimiento: el HAM asume un rol principal en flexión (especialmente más de 45°), mientras que el HPL contribuye de manera predominante en extensión y en los primeros grados de flexión, aportando estabilidad rotacional (12).

Estudios biomecánicos han demostrado que la sección del LCA produce un aumento significativo de la traslación tibial anterior y alteraciones en la cinemática femorotibial, incluso en ausencia de síntomas clínicos evidentes de inestabilidad (16). Estas alteraciones favorecen sobrecarga en el cartílago articular y en los meniscos, incrementando el riesgo de lesiones meniscales secundarias y de desarrollo de osteoartrosis precoz (11).

Desde la perspectiva de la reconstrucción, la biomecánica del LCA nativo sirve como referencia para definir la posición y orientación de los túneles femoral y tibial, el tipo de injerto y la tensión aplicada al momento de la fijación. Una reconstrucción que reproduzca adecuadamente la orientación de los haces y la cobertura de las huellas anatómicas tiene más probabilidades de restaurar la estabilidad translacional y rotacional que las técnicas no anatómicas, lo que impacta directamente en los resultados clínicos, funcionales y en la tasa de falla del injerto (16).

En este contexto, la comparación entre injertos autólogos y aloinjertos en la reconstrucción artroscópica del LCA debe interpretarse a la luz de cuánto cada tipo de injerto es capaz de asemejarse, en propiedades mecánicas y comportamiento funcional, al ligamento nativo.

1.4 Cambios morfológicos y funcionales del LCA asociados a la edad y al deporte

La morfología y las propiedades mecánicas del LCA no son estáticas; se modifican a lo largo de la vida y bajo la influencia de la demanda funcional. Estudios anatómicos han demostrado que, con el envejecimiento, la inserción femoral del LCA pasa de ser una huella semicircular amplia en sujetos jóvenes a una estructura aplanada y más estrecha en adultos mayores, con disminución del área de inserción y cambio en la relación con el cartílago articular (14). De manera similar, la huella tibial evoluciona de una forma oval o elíptica a una morfología en “C”, asociada a degeneración predominante del haz posterolateral y a la presencia de un espacio posterolateral relleno de tejido conectivo o sinovial (15).

Estos cambios se han relacionado con procesos degenerativos progresivos que afectan las propiedades mecánicas del ligamento, reduciendo su capacidad para soportar cargas y modificar la distribución de tensiones entre los haces (14). Paralelamente, en poblaciones deportistas, las exigencias repetitivas de alta carga y torsión sobre la rodilla se han asociado a un mayor riesgo de ruptura del LCA, especialmente en deportes de contacto o con cambios bruscos de dirección (11).

La combinación de variabilidad anatómica, cambios relacionados con la edad y demandas funcionales propias del deporte crea un escenario en el que la reconstrucción del LCA debe individualizarse. En pacientes jóvenes y deportistas, el objetivo será restaurar una anatomía y biomecánica lo más cercanas posible al ligamento nativo, mientras que en pacientes de mayor edad o con menor demanda funcional pueden priorizarse otros aspectos, como la morbilidad del sitio donante o el tiempo de recuperación. En ambos casos, comprender cómo la forma de las huellas y la integridad de los haces cambian con la edad es fundamental para interpretar los resultados clínicos y funcionales de los distintos tipos de injertos empleados en la reconstrucción artroscópica del LCA (13).

2. Epidemiología y relevancia clínica de la lesión del LCA

2.1 Incidencia y población afectada

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) representan uno de los problemas más frecuentes en la rodilla de personas jóvenes y físicamente activas, especialmente en el contexto deportivo. Diversos trabajos de

investigación han mostrado que la incidencia de lesión del LCA varía según el tipo de deporte, el nivel competitivo, el sexo y la forma de exposición (entrenamiento o competición) (17,18). En general, los deportes de equipo que implican cambios bruscos de dirección, desaceleraciones y saltos, como fútbol, baloncesto y balonmano, en ello concentran las tasas más elevadas de lesión (18,19).

En la población adolescente deportista, la carga epidemiológica es particularmente relevante. Un meta-análisis reciente ha evidenciado que los atletas en edad escolar y adolescencia presentan una incidencia considerable de rupturas del LCA, asociada a una combinación de alta demanda funcional, aumento del volumen de entrenamiento y participación temprana en competencias de alto nivel (20). Este comportamiento epidemiológico es preocupante, ya que la lesión ocurre en una etapa de desarrollo físico y deportivo crítico, con potencial impacto en la trayectoria deportiva y en la salud articular futura.

Las diferencias por sexo también son un aspecto clave de la epidemiología del LCA. Varios estudios han demostrado que, en múltiples deportes de equipo, las mujeres presentan un riesgo relativo mayor de lesión del LCA en comparación con los hombres, incluso cuando se ajusta por exposición (18,21).Estos hallazgos se han vinculado a factores anatómicos, biomecánicos, hormonales y de control neuromuscular, así como a diferencias en la carga y tipo de participación deportiva.

En conjunto, la evidencia disponible indica que la ruptura del LCA no se restringe al deporte de élite, sino que constituye una patología prevalente en la población general joven y activa, con un peso importante en términos de días perdidos de entrenamiento, abandono deportivo y uso de recursos sanitarios. Esta alta incidencia refuerza la necesidad de estrategias preventivas y de decisiones terapéuticas basadas en la mejor evidencia disponible.

2.2 Consecuencias funcionales y a largo plazo

Las consecuencias de la lesión del LCA se extienden mucho más allá del episodio agudo. A corto y mediano plazo, los pacientes suelen experimentar inestabilidad articular, episodios de “falseo”, dolor, derrame y limitación para actividades que impliquen giros, saltos o cambios bruscos de dirección, lo que condiciona el retorno al deporte y a la actividad laboral (22). Aunque la reconstrucción artroscópica del LCA mejora la estabilidad mecánica y facilita la vuelta a la actividad física, una proporción significativa de pacientes no alcanza el nivel deportivo previo o modifica su patrón de participación por temor a una nueva lesión o por persistencia de síntomas (23,22).

A largo plazo, la lesión del LCA se reconoce como un factor de riesgo importante para el desarrollo de osteoartritis postraumática de rodilla. Artículos recientes han mostrado que, tras una reconstrucción del LCA, una proporción relevante de pacientes presenta signos radiográficos y síntomas compatibles con osteoartritis en el seguimiento de mediano y largo plazo, independientemente del tipo de injerto utilizado (24,25). Entre los factores que contribuyen a esta progresión se incluyen las lesiones meniscales asociadas, la meniscectomía, el daño condral inicial, la laxitud residual, la edad al momento de la cirugía y los episodios de relesión (25,26).

Además, se ha descrito la aparición de síntomas indicativos de osteoartritis temprana —dolor, rigidez, derrame, limitación funcional— en pacientes relativamente jóvenes tras la reconstrucción del LCA, incluso antes de que se evidencien cambios radiográficos avanzados (4). Estos síntomas pueden afectar la calidad de vida, limitar la participación en actividades recreativas y deportivas, e incrementar la demanda de atención sanitaria.

La carga de reintervenciones tampoco es despreciable. En cohortes con seguimiento prolongado, se han reportado tasas relevantes de procedimientos secundarios en la misma rodilla, incluyendo nuevas artroscopias, cirugías meniscales, revisiones del LCA y, en casos avanzados, artroplastias (26). Desde la perspectiva del paciente, muchos refieren consecuencias persistentes después de la reconstrucción, tales como dolor, pérdida de confianza en la rodilla e impacto en la vida diaria, a pesar de haber retornado de forma nominal a su deporte (23).

En este contexto, la elección del tipo de injerto para la reconstrucción artroscópica del LCA adquiere una relevancia particular. Comprender cómo los diferentes injertos —autólogos y aloinjertos— se asocian con resultados

clínicos, funcionales, tasas de complicaciones, reintervenciones y desarrollo de osteoartritis es fundamental para optimizar la toma de decisiones quirúrgicas y mejorar el pronóstico a largo plazo de los pacientes adultos con lesión del LCA (24,22).

3. Opciones terapéuticas de la lesión del LCA

3.1 Tratamiento conservador vs quirúrgico

El manejo de la ruptura del ligamento cruzado anterior se ha centrado históricamente en dos estrategias principales son: Tratamiento conservador basado en rehabilitación intensiva y la Reconstrucción quirúrgica del ligamento, habitualmente por vía artroscópica con autoinjerto o aloinjerto.

El tratamiento conservador combina fisioterapia progresiva, fortalecimiento de la cadena cinética, reentrenamiento neuromuscular, educación para prevenir episodios de inestabilidad y, en algunos casos, uso transitorio de ortesis funcionales. Esta opción suele reservarse para pacientes con demandas funcionales moderadas, sin inestabilidad franca en actividades de la vida diaria, o con comorbilidades que incrementan el riesgo quirúrgico.

En los últimos años, varios estudios comparativos han puesto bajo la lupa la supuesta superioridad sistemática del tratamiento quirúrgico. La revisión sistemática de Papaleontiou y su equipo de trabajo en el 2024, integró ensayos clínicos y cohortes comparando manejo conservador versus reconstrucción del LCA, mostró que los resultados en escalas de función subjetiva de rodilla (IKDC, KOOS, Tegner–Lysholm) son globalmente similares entre ambas estrategias, mientras que la cirugía ofrece mayor estabilidad objetiva (pruebas de Lachman, pivot shift, traslación tibial) a costa de un periodo de recuperación más prolongado (27). De forma concordante, el análisis de Jia y su equipo (2024), incluyó más de 1516 pacientes, encontró que la reconstrucción disminuye la laxitud residual y reduce la necesidad de cirugía meniscal secundaria, aunque sin diferencias relevantes en los puntajes funcionales a largo plazo respecto al manejo conservador estructurado (28).

Los ensayos clínicos pragmáticos recientes han refinado este panorama. El ensayo ACL SNNAP de Beard con su grupo de trabajo en 2022 demostró que, en pacientes con lesión no aguda del LCA y síntomas persistentes de inestabilidad, la reconstrucción es clínicamente superior y más costo-efectiva que la fisioterapia sola, con una mejoría significativa en el puntaje compuesto KOOS4 a 18 meses (29). Sin embargo, el ensayo COMPARE de Reijman mostró que una estrategia de rehabilitación inicial con reconstrucción diferida opcional ofrece resultados funcionales muy cercanos a la reconstrucción temprana: aproximadamente la mitad de los pacientes asignados inicialmente a rehabilitación nunca requirieron cirugía y, aunque el grupo de reconstrucción precoz obtuvo un IKDC ligeramente mayor a los 24 meses, la diferencia no alcanzó relevancia clínica (30).

Estas evidencias han impulsado un enfoque más individualizado y basado en toma de decisiones compartida. Filbay (2022) y las guías recientes para manejo de lesión del LCA subrayan que la elección entre tratamiento conservador y reconstrucción debe considerar edad, nivel de actividad, presencia de lesiones asociadas (menisco, cartílago), expectativas de retorno deportivo y tolerancia del paciente a episodios de inestabilidad. En términos generales, la reconstrucción se indica con mayor frecuencia en deportistas jóvenes de deportes pivotantes, pacientes con inestabilidad significativa o con lesiones meniscales que se benefician de un entorno estable; mientras que el tratamiento conservador estructurado puede ser razonable en individuos menos demandantes o que priorizan evitar la cirugía (31).

En este contexto, la controversia actual ya no se limita al “operar o no operar”, sino a determinar en qué pacientes la reconstrucción artroscópica del LCA agrega un beneficio clínico significativo por encima de la rehabilitación intensiva, y qué tipo de injerto ofrece el mejor equilibrio entre estabilidad, función y riesgo de complicaciones. Esta es precisamente la brecha de conocimiento que aborda la presente revisión sistemática al comparar injertos autólogos (semitendinoso, rotuliano, peroneo) frente a aloinjertos en pacientes adultos sometidos a reconstrucción artroscópica del LCA.

3.2 Reconstrucción artroscópica del LCA: concepto general

La reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior se ha consolidado como el estándar quirúrgico para restaurar la estabilidad anteroposterior y rotacional de la rodilla tras una ruptura completa, con el objetivo de permitir el retorno seguro a la actividad deportiva y reducir el riesgo de daño secundario en meniscos y cartílago (32). El procedimiento consiste, de forma simplificada, en la resección del remanente ligamentario insuficiente, la confección de túneles óseos femoral y tibial en localización anatómica y la implantación de un injerto (autoinjerto o aloinjerto) que reproduce la función del LCA nativo, fijado mediante dispositivos de suspensión cortical, tornillos interferenciales u otros sistemas híbridos (33,34).

Las revisiones de conceptos actuales destacan que la transición de técnicas abiertas a técnicas artroscópicas, y posteriormente a reconstrucciones anatómicas, ha mejorado el control de la laxitud y la satisfacción del paciente. McDermott (2023) resume que la prioridad actual es la restauración anatómica del origen y la inserción del LCA, el ajuste del diámetro del injerto a las dimensiones del túnel, la protección biológica y mecánica del injerto durante su integración, y la planificación de una rehabilitación guiada por criterios funcionales más que por tiempos fijos (32).

Los tipos de injerto más utilizados son los autoinjertos de tendón rotuliano hueso-tendón-hueso, los isquiotibiales (semitendinoso con o sin grácil) y, más recientemente, el tendón del cuádriceps; mientras que los aloinjertos de banco de tejidos se emplean con mayor frecuencia en reconstrucciones de revisión, lesiones multiligamentarias o en pacientes en los que se desea evitar la morbilidad del sitio donante. En paralelo, han resurgido técnicas de reparación primaria del LCA en desinserciones proximales bien seleccionadas, aunque la evidencia disponible indica que, en la mayoría de los adultos activos, la reconstrucción continúa siendo el procedimiento de referencia (35).

Las tendencias más recientes incluyen el uso selectivo de procedimientos de refuerzo extraarticular lateral o tenodesis anterolateral combinados con la reconstrucción del LCA para reducir el riesgo de rerrotura y la laxitud rotacional en pacientes jóvenes y de alto riesgo (36). Paralelamente, se han explorado estrategias de potenciación biológica, como la aplicación de plasma rico en plaquetas o aditivos biológicos en el túnel, aunque los resultados hasta ahora no demuestran beneficios consistentes en la integración del injerto o en los desenlaces funcionales a largo plazo (35). Además, se ha consolidado la idea de que la rehabilitación postoperatoria debe ser individualizada, con énfasis en la carga precoz controlada, la recuperación temprana de la extensión completa y el uso de criterios objetivos de fuerza, simetría y control neuromuscular antes del retorno al deporte (35).

En síntesis, la reconstrucción artroscópica del LCA constituye una intervención compleja en la que la elección del tipo de injerto, la técnica quirúrgica específica y el protocolo de rehabilitación influyen de forma determinante en la estabilidad, la función y la tasa de complicaciones (32). Por ello, la comparación sistemática entre injertos autólogos específicos (semitendinoso, rotuliano, peroneo) y aloinjertos resulta esencial para orientar la selección del injerto más adecuado según el perfil del paciente y los objetivos funcionales postoperatorios, alineándose con la pregunta y los objetivos planteados en este proyecto.

4. Principios quirúrgicos de la reconstrucción artroscópica del LCA

4.1 Principios técnicos básicos

Los principios quirúrgicos de la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior se orientan a reproducir, en la medida de lo posible, la anatomía y la biomecánica del ligamento nativo, minimizando al mismo tiempo la morbilidad asociada al procedimiento. En la actualidad, existe consenso en que una reconstrucción “anatómica” , es decir, con los túneles femoral y tibial posicionados dentro de la huella original del LCA, este ofrece mejores resultados en términos de estabilidad rotacional y traslación anterior que las técnicas no anatómicas clásicas (32).

Desde el punto de vista técnico, los pasos esenciales incluyen:

1) Evaluación artroscópica de la articulación y tratamiento de lesiones asociadas (menisco, cartílago),
2) Preparación del injerto (autoinjerto o aloinjerto) con un diámetro adecuado, habitualmente entre 7 y 10 mm,
3) Confección de túneles óseos femoral y tibial guiados de forma precisa hacia la huella anatómica del LCA
4) Fijación estable del injerto mediante sistemas de suspensión cortical, tornillos interferenciales u otros dispositivos híbridos (34,32).

La elección del portal femoral (anteromedial independiente versus "transtibial") y la configuración del túnel determinan en gran medida la capacidad para recrear la orientación nativa del ligamento, especialmente en el plano sagital y coronal (35).

Otro principio clave es la adecuada tensión del injerto y el control de la posición de la rodilla al momento de la fijación. Estudios biomecánicos han mostrado que tanto la sobre-tensión como la infra-tensión del injerto pueden conducir a resultados subóptimos, ya sea por restricción del rango de movimiento o por persistencia de laxitud anteroposterior (32). Asimismo, el diámetro insuficiente del injerto (< 8 mm en autoinjertos de isquiotibiales) se ha asociado a una mayor tasa de rerrotura en pacientes jóvenes y deportistas de alto riesgo, lo que ha llevado a recomendar injertos de mayor calibre o configuraciones de múltiples hebras cuando sea necesario (33).

La fijación femoral y tibial debe proporcionar estabilidad primaria suficiente para permitir carga y movilidad precoz durante la rehabilitación, sin comprometer la integración biológica del injerto. Los dispositivos de suspensión cortical permiten un anclaje confiable en el femoral, mientras que los tornillos interferenciales (metálicos o bioabsorbibles) siguen siendo ampliamente utilizados para fijación tibial; en algunos casos se emplean constructos híbridos para mejorar la rigidez constructiva, especialmente en aloinjertos o injertos de menor diámetro (34).

En este marco, la adecuada selección del injerto (tipo y calibre), el posicionamiento preciso de los túneles, la tensión y la fijación del injerto son elementos críticos que condicionan la estabilidad postoperatoria, la función y el riesgo de complicaciones, y constituyen la base sobre la cual se interpretan las diferencias entre injertos autólogos y aloinjertos en los estudios comparativos.

4.2 Tendencias actuales

En los últimos años, la cirugía del LCA ha evolucionado desde un enfoque centrado exclusivamente en "reemplazar el ligamento roto" hacia una visión más integral, que incluye la preservación de estructuras remanentes, el abordaje de estabilizadores secundarios y la personalización del procedimiento según el perfil de riesgo del paciente. Las revisiones de conceptos actuales destacan varias tendencias relevantes.

En primer lugar, se ha consolidado la preferencia por reconstrucciones anatómicas individuales, adaptando la posición de los túneles al tamaño y a la morfología de la huella femoral y tibial del LCA, en lugar de seguir localizaciones "estándar" (16,14)). El uso de técnicas de "anatomía personalizada" apoyadas en imágenes avanzadas y guías más precisas busca optimizar la cobertura de la huella y mejorar la cinemática de la rodilla reconstruida (35).

En segundo lugar, ha cobrado fuerza la combinación de reconstrucción intraarticular del LCA con procedimientos de refuerzo extraarticular lateral o tenodesis anterolateral en pacientes de alto riesgo, como deportistas jóvenes de deportes pivotantes, laxitud generalizada o rotación tibial excesiva. Trabajos recientes han mostrado que estas técnicas combinadas reducen la tasa de rerrotura del injerto y mejoran el control de la laxitud rotacional sin incrementar significativamente las complicaciones, siempre que se realicen con indicación adecuada (36).

Otra tendencia es el interés renovado en la reparación primaria del LCA en desinserciones proximales bien vascularizadas, particularmente en pacientes seleccionados y en el contexto de tecnologías de refuerzo interno. Sin embargo, los resultados a medio plazo aún son heterogéneos y la reconstrucción sigue siendo el tratamiento de

referencia en la mayoría de los adultos activos. En paralelo, se han explorado estrategias de potenciación biológica mediante el uso de plasma rico en plaquetas, concentrados celulares o recubrimientos bioactivos de los injertos, aunque los estudios clínicos controlados no han demostrado de forma consistente una mejora significativa en la integración del injerto o en los desenlaces funcionales (35).

Finalmente, las tendencias actuales en rehabilitación postoperatoria se orientan hacia programas individualizados basados en criterios objetivos más que en cronogramas rígidos. Se enfatiza la recuperación temprana de la extensión completa, el control del derrame, la restauración progresiva de la fuerza y la simetría de la extremidad, y la incorporación de tareas de control neuromuscular y preparación específica para el deporte antes de autorizar el retorno competitivo (22). Esta visión integrada —que combina una reconstrucción anatómica adecuada, la elección del injerto más apropiado y una rehabilitación guiada por criterios funcionales— es clave para reducir la tasa de fracaso y mejorar los resultados a largo plazo, aspectos que resultan esenciales al comparar autoinjertos y aloinjertos en la reconstrucción artroscópica del LCA.

5. Tipos de injertos en la reconstrucción del LCA

5.1 Injertos autólogos

La elección del injerto es uno de los factores que más influyen en la estabilidad, la tasa de rerrotura, las complicaciones y la morbilidad del sitio donante tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). En la práctica clínica, las opciones se agrupan en injertos autólogos principalmente tendón rotuliano, isquiotibiales y, más recientemente, tendón peroneo largo; y aloinjertos procedentes de banco de tejidos como tendones tibiales, peroneos, aquileo, entre otros (34).

Revisiones recientes subrayan que no existe un “injerto ideal”, sino que la selección debe basarse en un equilibrio entre estabilidad, riesgo de fallo, dolor anterior de rodilla, demanda funcional y preferencias del paciente (37).

5.1.1 Tendón rotuliano (hueso-tendón-hueso, BTB)

El autoinjerto de tendón rotuliano hueso-tendón-hueso (bone–patellar tendon–bone, BPTB) ha sido considerado históricamente el standard por su fijación hueso-hueso y su elevada rigidez, lo que se traduce en una excelente estabilidad anteroposterior (34).

Un metaanálisis de ensayos clínicos aleatorizados con seguimiento mínimo de 5 años mostró que el BPTB y los isquiotibiales ofrecen resultados funcionales similares (IKDC, estabilidad objetiva), pero con diferencias claras en el perfil de complicaciones: el BPTB se asocia a menos fallos de injerto, a costa de mayor dolor anterior de rodilla, dolor al arrodillarse y pérdida de extensión terminal, mientras que los isquiotibiales presentan menos dolor anterior pero una ligera mayor tasa de rerrotura (37).

En resumen, el BPTB suele preferirse en pacientes jóvenes, con alta exigencia deportiva o en situaciones donde se prioriza la máxima estabilidad, asumiendo una mayor probabilidad de molestias femororrotulianas.

5.1.2 Tendones isquiotibiales (semitendinoso ± recto interno)

Los autoinjertos de isquiotibiales, habitualmente semitendinoso con o sin gracilis, son muy utilizados por su menor morbilidad en la cara anterior de la rodilla y mejor tolerancia para actividades de arrodillamiento, en comparación con el BPTB (34).

El trabajo de Zhao y su equipo (2020) demostró que los injertos de isquiotibiales proporcionan resultados funcionales y estabilidad muy similares al BPTB, pero con menor dolor anterior y menos dificultades para arrodillarse; sin embargo, se observó una tendencia a mayor tasa de fallo del injerto en el grupo de isquiotibiales (37).

Estos hallazgos han motivado la recomendación de asegurar un diámetro mínimo del injerto (≈8 mm) y una técnica de fijación adecuada para reducir el riesgo de rerrotura, especialmente en pacientes jóvenes y deportistas (38).

5.1.3 Tendón peroneo largo como injerto autólogo

El tendón peroneo largo ha surgido en la última década como una alternativa autóloga viable para la reconstrucción del LCA, especialmente cuando se desea preservar los isquiotibiales o el tendón rotuliano. Estudios comparativos han mostrado que el peroneo largo ofrece resultados funcionales y de estabilidad comparables a los injertos de isquiotibiales, con un diámetro de injerto frecuentemente mayor y baja morbilidad del tobillo cuando la técnica de toma es correcta (39,40,41).

La investigación de Opoku (2025) concluye que el peroneo largo no es inferior a los isquiotibiales en términos de IKDC, Lysholm y estabilidad objetiva, y destaca la ventaja de un mayor diámetro de injerto (39). De forma concordante, el trabajo del equipo de Park (2024) y la revisión sistemática del equipo de Quinn (2024) apoyan al peroneo largo como una alternativa segura y eficaz, sin diferencias relevantes en la fuerza o estabilidad del tobillo en el seguimiento (40,41,39).

Un estudio clínico comparativo con seguimiento de 24 meses mostró, además, que los pacientes reconstruidos con peroneo largo tuvieron retorno al deporte más precoz, menor morbilidad del sitio donante y diámetros de injerto mayores, en comparación con los injertos de isquiotibiales (42).

En conjunto, estos datos respaldan al tendón peroneo largo como opción autóloga prometedora, especialmente útil cuando se requiere un injerto de gran calibre o cuando los isquiotibiales ya han sido utilizados en cirugías previas.

5.2 Aloinjertos

Los aloinjertos de tendones (tibial posterior, isquiotibiales, aquileo, peroneos, entre otros) ofrecen ventajas evidentes: eliminan la morbilidad del sitio donante, reducen el tiempo quirúrgico y facilitan reconstrucciones complejas o multiligamentarias (34).

Sin embargo, la evidencia es consistente en mostrar que, en pacientes jóvenes y deportistas, los aloinjertos presentan mayores tasas de fallo y de re-reconstrucción en comparación con los autoinjertos. Un análisis en pacientes ≤19 años reportó tasas de fallo del 8,5 % para BPTB, 16,6 % para isquiotibiales y 25,5 % para aloinjertos, con un riesgo casi cuatro veces mayor de fracaso para los aloinjertos frente a los autoinjertos (Cruz et al., 2020).

Parte de esta diferencia se ha relacionado con el procesamiento del tejido (por ejemplo, irradiación a altas dosis), la integración biológica más lenta y, en muchos casos, un retorno deportivo precoz con un injerto aún en fase de ligamentización (34).

En pacientes de mayor edad o menor demanda funcional, el rendimiento clínico de los aloinjertos puede ser comparable al de los autoinjertos, por lo que se consideran una opción razonable en ese grupo; no obstante, en adultos jóvenes activos la mayoría de autores recomiendan priorizar autoinjertos (34).

5.3 Propiedades biomecánicas y biológicas comparativas de los injertos

Desde el punto de vista biomecánico, la mayoría de los injertos utilizados en la reconstrucción del LCA presentan cargas de fallo superiores a las del LCA nativo, pero difieren en rigidez, módulo elástico y comportamiento plástico-elástico (38).

La revisión sistemática de Maligey su equipo mostró que los injertos de BPTB y cuádriceps tienden a ser más rígidos, lo cual reduce la laxitud pero puede aumentar las cargas articulares, mientras que los injertos de isquiotibiales y peroneo largo ofrecen mayor elasticidad, lo que podría favorecer una cinemática más “fisiológica”

pero, si el diámetro es insuficiente o la fijación no es óptima, incrementar el riesgo de elongación y laxitud residual (38).

Además, la combinación de estas propiedades mecánicas con factores clínicos, el diámetro del injerto, técnica de túneles, tensión al fijar y tipo de fijación, este condiciona en gran medida la estabilidad final. Ensayos clínicos comparando peroneo largo versus isquiotibiales han demostrado que, a igual técnica, el mayor diámetro del peroneo largo se traduce en menor riesgo de rerrotura y mejor estabilidad subjetiva (42).

En el ámbito biológico, los autoinjertos muestran una integración más rápida, con revascularización y remodelado progresivo ("ligamentización") durante los primeros 12–24 meses, mientras que los aloinjertos tienden a una incorporación más lenta y dependiente de la repoblación celular del huésped, particularmente si han sido sometidos a irradiación o congelación prolongada (34).

Estas diferencias biomecánicas y biológicas permiten entender, al menos en parte, las variaciones observadas en estabilidad, tasas de fallo y complicaciones entre injertos autólogos específicos (BPTB, isquiotibiales, peroneo largo) y aloinjertos, y justifican la necesidad de revisar sistemáticamente los resultados clínicos, funcionales y las complicaciones asociadas a cada tipo de injerto en la reconstrucción artroscópica del LCA en pacientes adultos.

6. Evaluación de resultados clínicos, funcionales y de estabilidad

6.1 Escalas y herramientas de evaluación

La valoración de los resultados posteriores a la reconstrucción del LCA se basa en la combinación de medidas reportadas por el paciente, pruebas clínicas de estabilidad y, en muchos estudios, mediciones instrumentadas y test funcionales de salto. Las escalas más utilizadas incluyen el International Knee Documentation Committee (IKDC), el Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) y sus subescalas, el Lysholm Knee Score, el Tegner Activity Scale, el Cincinnati Knee Rating System y el Knee Outcome Survey – Activities of Daily Living (KOS-ADLS) (43,44)

El IKDC subjetivo y el KOOS se consideran PROMs "núcleo" para rodilla, ya que evalúan dolor, síntomas, función en actividades de la vida diaria y deporte, así como calidad de vida relacionada con la rodilla (Prodromidis et al., 2024; Moreira et al., 2024). En ensayos como el ACL SNNAP se ha utilizado el KOOS4, un índice compuesto que promedia cuatro subescalas (dolor, síntomas, función en actividades diarias y función en deporte/recreación), como medida principal de resultado (8).

La escala Lysholm se emplea de forma amplia para valorar síntomas (cojera, bloqueo, inestabilidad subjetiva, dolor, hinchazón) y función global, mientras que la escala Tegner cuantifica el nivel de actividad deportiva antes y después de la lesión (43). En estudios centrados en retorno deportivo, se añaden métricas específicas como: porcentaje de pacientes que regresan a cualquier deporte, porcentaje que retornan a su nivel prelesión y tiempo hasta el retorno al deporte competitivo (22,45).

En cuanto a la estabilidad, las herramientas más utilizadas son las pruebas clínicas de Lachman y pivot shift, la prueba de cajón anterior y, de forma complementaria, mediciones instrumentadas con artrometría (KT-1000, KT-2000 u otros dispositivos) que cuantifican la traslación tibial anterior (45,46). Para valorar la función global y la simetría entre extremidades se emplean pruebas de salto unipodal (single, triple, crossover hop) y dinamometría o pruebas isocinéticas de fuerza de cuádriceps e isquiotibiales (22).

Revisiones recientes han subrayado la necesidad de seleccionar PROMs validados específicamente para lesiones del LCA y de mantener un seguimiento mínimo de 12–24 meses, dado que algunos instrumentos siguen mostrando cambios clínicamente relevantes más allá del primer año postoperatorio (43,44).

6.2 Resultados reportados según tipo de injerto

Los estudios comparativos que analizan la influencia del tipo de injerto en los resultados posoperatorios coinciden en que, en términos de PROMs globales (IKDC, KOOS, Lysholm) y estabilidad objetiva, las diferencias entre los principales autoinjertos (tendón rotuliano BPTB, isquiotibiales, cuádriceps y peroneo largo) tienden a ser pequeñas o inexistentes, mientras que el perfil de complicaciones y la tasa de fallo sí varían entre ellos (47,45)

En la comparación clásica BPTB vs isquiotibiales, trabajos de investigación recientes han mostrado que ambos injertos logran PROMs similares (IKDC, Lysholm, Tegner) y proporciones comparables de retorno al deporte, sin diferencias significativas en las tasas de rerrotura cuando se utilizan técnicas actuales (37,45). No obstante, el BPTB suele asociarse a menor laxitud residual medida por artrometría, a costa de una mayor incidencia de dolor anterior de rodilla y molestias al arrodillarse (45,48).

En cuanto a la comparación entre autoinjertos, una investigación de red encontró que los injertos de tendón del cuádriceps ofrecen resultados de estabilidad y PROMs comparables a BPTB e isquiotibiales, pero con menor dolor en el sitio donante, especialmente en la región femororrotuliana (47). Otros análisis han mostrado que las diferencias funcionales entre los distintos autoinjertos se relacionan más con la debilidad específica del grupo muscular donante (extensores en el caso de BPTB/cuádriceps, flexores en el caso de isquiotibiales) que con el tipo de injerto en sí (49).

Respecto al tendón peroneo largo (PLT), series clínicas han demostrado que los pacientes alcanzan mejoras significativas en IKDC y Lysholm, con niveles de estabilidad objetiva comparables a los obtenidos con isquiotibiales y bajas tasas de complicaciones en el tobillo (39,40) . Un estudio con seguimiento mínimo de cinco años no encontró diferencias relevantes en laxitud ni en PROMs entre PLT e isquiotibiales, confirmando al PLT como un injerto autólogo eficaz y seguro (50).

En relación con la tasa de retorno al deporte, revisiones recientes sugieren que los distintos autoinjertos (BPTB, isquiotibiales y cuádriceps) logran proporciones de retorno global al deporte entre el 75 y el 85 %, con alrededor del 50–60 % de los pacientes volviendo a su nivel prelesión, sin diferencias consistentes entre tipos de injerto cuando se aplican protocolos de rehabilitación estructurados (22,45,51).

Por otro lado, la comparación entre autoinjertos y aloinjertos muestra un patrón distinto: aunque muchos estudios encuentran PROMs similares y estabilidad comparable en el corto y mediano plazo, la tasa de fallo del injerto y de cirugías de revisión es consistentemente mayor con aloinjertos en pacientes jóvenes y activos (52,46). En los metaanálisis, esta diferencia llega a triplicar el riesgo de fallo del injerto aloinjerto frente a autoinjerto en menores de 25 años, mientras que en pacientes de mayor edad y menor demanda funcional las diferencias se reducen o desaparecen (33).

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Comparar los resultados clínicos, funcionales y las complicaciones asociadas a injertos autólogos (semitendinoso, rotuliano, peroneo) y aloinjertos en la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior en adultos.

Objetivos Específicos

- Evaluar en pacientes adultos la estabilidad articular postoperatoria tras la reconstrucción artroscópica del LCA con injertos autólogos versus aloinjertos.

- Analizar la recuperación funcional y el tiempo de retorno a la actividad física en pacientes adultos según el tipo de injerto utilizado.
- Determinar la incidencia y tipos de complicaciones postoperatorias asociadas a los injertos autólogos y aloinjertos.
- Comparar la morbilidad en el sitio donante entre los diferentes injertos autólogos y aloinjertos en pacientes adultos

METODOLOGÍA

Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión

Se incluirán estudios primarios comparativos publicados en inglés o español, realizados en pacientes adultos (≥18 años) con diagnóstico de lesión del ligamento cruzado anterior sometidos a reconstrucción artroscópica. Serán elegibles los ensayos clínicos aleatorizados, estudios de cohortes prospectivos o retrospectivos y estudios caso-control que comparen injertos autólogos (semitendinoso, tendón rotuliano, peroneus longus y otros autoinjertos relevantes) frente a aloinjertos, o comparaciones entre tipos de autoinjerto cuando aporten información útil para la evaluación clínica. Los estudios deberán reportar al menos uno de los siguientes desenlaces: resultados clínicos, resultados funcionales, estabilidad articular, fallo del injerto, complicaciones postoperatorias o morbilidad del sitio donante. Se considerarán artículos publicados entre enero de 2020 y junio de 2025.

Criterios de exclusión

Se excluirán revisiones sistemáticas, metaanálisis, revisiones narrativas, protocolos, cartas al editor y editoriales, por corresponder a evidencia secundaria y no a estudios primarios. Asimismo, se excluirán reportes de caso y series de casos sin grupo comparador, estudios en población menor de 18 años, investigaciones que no especifiquen claramente el tipo de injerto, estudios con reconstrucción no artroscópica o con lesiones multiligamentarias sin análisis separado, y artículos sin texto completo o sin información suficiente sobre los desenlaces de interés.

Fuentes de información

La búsqueda bibliográfica se realizará de forma sistemática en las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y SciELO. De manera complementaria, se consultarán los registros ClinicalTrials.gov y la International Clinical Trials Registry Platform (ICTRP) de la Organización Mundial de la Salud, con el fin de identificar estudios en curso o no publicados y reducir el sesgo de publicación.

La última búsqueda se registrará con su fecha exacta al momento de la ejecución final de la estrategia. Además, se revisarán manualmente las listas de referencias de los estudios incluidos para identificar artículos potencialmente relevantes no recuperados en la búsqueda electrónica.

Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda se elaborará a partir de la pregunta de investigación estructurada mediante el formato PICO: pacientes adultos con reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior, comparación entre injertos autólogos y aloinjertos, y evaluación de resultados clínicos, funcionales, estabilidad articular y complicaciones. Para ello se utilizarán términos controlados (MeSH y DeCS, cuando corresponda) y palabras clave

libres relacionadas con “anterior cruciate ligament”, “ACL reconstruction”, “autograft”, “allograft”, “hamstring tendon”, “bone patellar tendon bone”, “quadriceps tendon” y “peroneus longus”.

Los términos se combinarán mediante operadores booleanos AND y OR, adaptando la sintaxis a cada base de datos. Se aplicarán filtros por idioma (inglés y español), población adulta y periodo de publicación establecido entre enero de 2020 y junio de 2025.

De manera preliminar, la búsqueda incluirá combinaciones como las siguientes:

- (“anterior cruciate ligament” OR “ACL reconstruction”) AND (autograft OR allograft)
- (“anterior cruciate ligament”) AND (“hamstring tendon” OR semitendinosus) AND autograft
- (“anterior cruciate ligament”) AND (“bone patellar tendon bone” OR BPTB)
- (“anterior cruciate ligament”) AND (“quadriceps tendon”)
- (“anterior cruciate ligament”) AND (“peroneus longus”)

La estrategia completa de búsqueda para cada base de datos se presentará en un anexo, con el fin de garantizar la transparencia y reproducibilidad del proceso.

Proceso de selección de estudios

La selección de los estudios se realizará en dos fases. En una primera fase, dos revisores independientes evaluarán los títulos y resúmenes identificados mediante la estrategia de búsqueda, con el fin de excluir los estudios claramente no elegibles. En una segunda fase, los artículos potencialmente relevantes serán revisados en texto completo para determinar su inclusión definitiva según los criterios previamente establecidos.

Las discrepancias entre los revisores se resolverán mediante consenso y, en caso de persistir, mediante la participación de un tercer revisor. Previamente al proceso de selección se eliminarán los registros duplicados. El proceso completo de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de estudios se presentará mediante un diagrama de flujo PRISMA 2020.

Proceso de extracción de datos

La extracción de datos será realizada por dos revisores independientes mediante una matriz previamente diseñada. Se recopilará información sobre: autor y año de publicación, país, diseño del estudio, tamaño muestral, características de la población, tipo de injerto utilizado, técnica quirúrgica, tiempo de seguimiento y desenlaces de interés, incluyendo estabilidad articular, resultados funcionales, retorno a la actividad física, fallo del injerto, complicaciones postoperatorias y morbilidad del sitio donante.

En caso de discrepancias en la extracción de datos, estas se resolverán por consenso entre los revisores y, de ser necesario, con la intervención de un tercer revisor.

Riesgo de sesgo de los estudios individuales

El riesgo de sesgo de los estudios incluidos será evaluado por dos revisores independientes. Para los ensayos clínicos aleatorizados se utilizará la herramienta RoB 2 (Risk of Bias 2) de Cochrane, la cual valora dominios relacionados con el proceso de aleatorización, desviaciones de la intervención, datos de resultado faltantes, medición del desenlace y selección del resultado reportado.

Para los estudios observacionales comparativos, como cohortes prospectivas o retrospectivas y estudios caso-control, se empleará la Newcastle–Ottawa Scale (NOS), que permite evaluar la calidad metodológica de los estudios no aleatorizados en función de la selección de los grupos, la comparabilidad entre ellos y la evaluación del desenlace o la exposición.

Las discrepancias entre revisores se resolverán mediante consenso y, en caso de persistir, mediante la intervención de un tercer revisor. Los resultados de esta evaluación se presentarán en tablas resumidas y se considerarán en la interpretación final de los hallazgos.

Síntesis de los resultados

Los datos extraídos de los estudios incluidos se organizarán en tablas de evidencia que resumirán autor y año, país, diseño del estudio, tamaño muestral, características de la población, tipo de injerto, tiempo de seguimiento y principales desenlaces clínicos, funcionales y de seguridad. Se realizará una síntesis cualitativa de todos los estudios, agrupándolos según el tipo de comparación realizada de autoinjertos frente a aloinjertos y comparaciones entre diferentes tipos de autoinjerto, según los desenlaces de interés: estabilidad articular postoperatoria, resultados funcionales, retorno a la actividad física, fallo del injerto, complicaciones postoperatorias y morbilidad del sitio donante.

Cuando exista suficiente homogeneidad clínica y metodológica entre los estudios para un mismo desenlace, se realizará un metaanálisis. Para las variables dicotómicas se utilizarán medidas de efecto como riesgo relativo (RR) u odds ratio (OR), y para las variables continuas diferencia de medias (DM) o diferencia de medias estandarizada (DME), todas con intervalos de confianza del 95 %. La heterogeneidad estadística se evaluará mediante el estadístico I^2; si esta impide una combinación válida, los hallazgos se presentarán mediante síntesis narrativa estructurada. En caso de realizarse metaanálisis, este se efectuará mediante software estadístico apropiado y, cuando el número de estudios lo permita, se valorará el posible sesgo de publicación mediante métodos gráficos o estadísticos pertinentes.

RESULTADOS ESPERADOS

Estudios incluidos

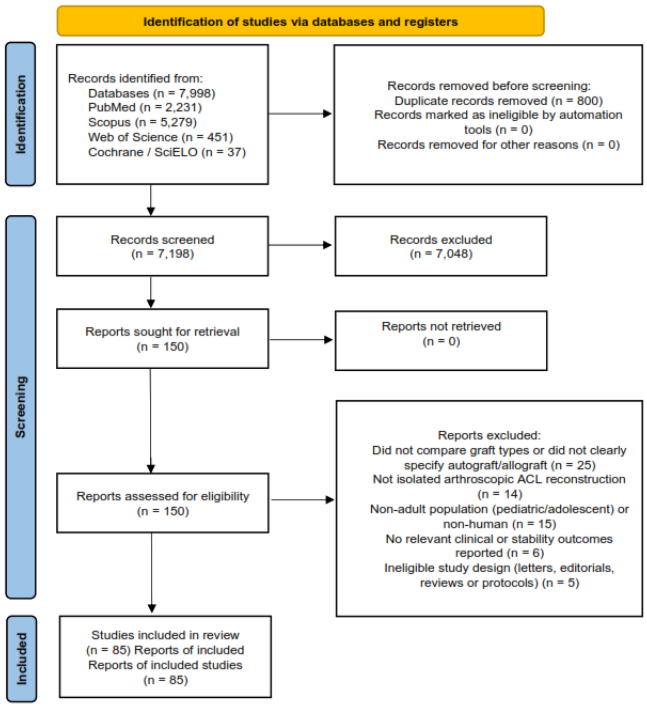
La búsqueda bibliográfica identificó un total de 7,998 registros procedentes de las bases de datos electrónicas (PubMed, Scopus, Web of Science y Cochrane/Scielo). Tras la eliminación de 800 duplicados, se evaluaron 7,198 registros por título y resumen, de los cuales se excluyeron 7,048 por no cumplir los criterios de elegibilidad.

Tabla 1. *Filtros y búsqueda en bases de datos*

FILTRO DE BÚSQUEDA	PubMed	Scopus	Web of Science	Cochrane / Scielo	
("anterior cruciate ligament" OR "ACL reconstruction") AND (autograft OR allograft)	1129	2489	63	19	
("anterior cruciate ligament" AND hamstring AND autograft)	603	1316	182	11	
("anterior cruciate ligament" AND "bone patellar tendon" AND autograft)	208	593	79	1	
("anterior cruciate ligament"AND "quadriceps tendon" AND graft)	210	678	82	4	
("anterior cruciate ligament" AND "peroneus longus")	81	203	45	2	**Total**
Total	2231	5279	451	37	7998

Se seleccionaron 150 artículos para revisión en texto completo. De ellos, 65 fueron excluidos por las siguientes razones principales: no comparaban tipos de injerto o no especificaban claramente autoinjerto/aloinjerto (n = 25); no eran reconstrucciones artroscópicas aisladas de ligamento cruzado anterior (n = 14); población no adulta (pediátrica/adolescente) o no humana (n = 15); ausencia de desenlaces clínicos o de estabilidad de interés (n = 6); y diseño no elegible (cartas, editoriales, revisiones o protocolos) (n = 5).

Finalmente, se incluyeron 85 estudios en la revisión sistemática. El proceso completo de selección se muestra en la Figura 1.



Riesgo de sesgo de los estudios incluidos

RoB 2 (Risk of Bias 2) de Cochrane

El riesgo de sesgo de los ensayos clínicos aleatorizados incluidos en la revisión fue evaluado mediante la herramienta RoB 2 (Risk of Bias 2) de Cochrane. Esta herramienta analiza cinco dominios principales: proceso de aleatorización, desviaciones de la intervención asignada, datos faltantes, medición del desenlace y selección del resultado reportado. A partir de estos dominios se establece un juicio global, que puede clasificarse como bajo riesgo, algunas preocupaciones o alto riesgo de sesgo.

La Tabla 3 muestra que ninguno de los ensayos clínicos aleatorizados presentó un juicio global de alto riesgo, lo cual sugiere una calidad metodológica aceptable. Sin embargo, los cuatro estudios fueron clasificados con “algunas preocupaciones” en la valoración global. Esta clasificación se debió principalmente a limitaciones en dos dominios: el proceso de aleatorización y la selección del resultado reportado. En algunos estudios, aunque se menciona que la asignación fue aleatoria, no se describió con suficiente detalle el método de generación de la secuencia ni el ocultamiento de la asignación, lo que impide confirmar plenamente la ausencia de sesgo en este dominio.

Por otro lado, los dominios de datos faltantes y medición del desenlace mostraron predominantemente bajo riesgo de sesgo, lo que indica que, en general, los estudios conservaron una adecuada integridad de los datos y utilizaron herramientas de medición aceptables para evaluar resultados clínicos y funcionales. En cuanto a las desviaciones de la intervención, todos los ensayos mostraron algunas preocupaciones, principalmente porque en estudios quirúrgicos el cegamiento completo de pacientes y cirujanos suele ser difícil de garantizar, lo que puede introducir cierta incertidumbre metodológica.

En conjunto, la evidencia derivada de los ensayos clínicos aleatorizados incluidos puede considerarse de calidad metodológica aceptable, aunque debe interpretarse con cautela moderada, especialmente en aquellos aspectos relacionados con la transparencia del proceso de aleatorización y la consistencia en el reporte de resultados.

Tabla 2. *Evaluación del riesgo de sesgo de los ensayos clínicos aleatorizados mediante la herramienta RoB 2.*

ID	Autor (año)	Comparación	Aleatorización	Desviaciones	Datos faltantes	Medición del desenlace	Resultado reportado	Juicio global
1	Félix Vilchez-Cavazos et al. (2020)	QT vs HT	Bajo riesgo	Algunas preocupaciones	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Algunas preocupaciones	Algunas preocupaciones
2	Horstmann et al. (2022)	HT vs QT	Bajo riesgo	Algunas preocupaciones	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Algunas preocupaciones	Algunas preocupaciones
3	Barié et al. (2020)	QTB vs BPTB	Bajo riesgo	Algunas preocupaciones	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Algunas preocupaciones	Algunas preocupaciones
4	Vijay et al. (2022)	HT vs PL	Algunas preocupaciones	Algunas preocupaciones	Bajo riesgo	Bajo riesgo	Algunas preocupaciones	Algunas preocupaciones

En general, los estudios observacionales comparativos evaluados mediante la Newcastle–Ottawa Scale mostraron una calidad metodológica moderada a alta. Los estudios de Altunkılıç et al. y Zheng et al. obtuvieron puntuaciones más altas debido a una mejor definición de los grupos comparados, seguimiento adecuado y reporte más completo de desenlaces funcionales y de estabilidad. En contraste, los trabajos de Adams et al. y Almeida et al. presentaron puntajes menores debido a limitaciones en la comparabilidad entre grupos y al reporte incompleto de algunos desenlaces clínicos, especialmente en el contexto de injertos híbridos o cirugías de revisión. En conjunto, estos hallazgos indican que la evidencia observacional incluida aporta información útil para la interpretación clínica, aunque debe considerarse con cautela por las limitaciones inherentes a los diseños retrospectivos.

Dado el elevado número de estudios observacionales incluidos en la revisión, la evaluación mediante la Newcastle–Ottawa Scale (NOS) se aplicó de forma general al conjunto de estudios. Sin embargo, con fines de presentación y claridad, en la Tabla 4 se muestran los resultados correspondientes a los estudios observacionales comparativos más relevantes, seleccionados por su inclusión en la síntesis principal, su diseño metodológico y la completitud de los desenlaces reportados.

El resto de los estudios observacionales fue evaluado siguiendo los mismos criterios, observándose en conjunto una calidad metodológica predominantemente moderada a alta, aunque con limitaciones inherentes a los diseños retrospectivos y a la comparabilidad entre grupos.

Evaluación de la calidad metodológica de los estudios observacionales

Los estudios observacionales comparativos incluidos en la revisión fueron evaluados mediante la Newcastle–Ottawa Scale (NOS), herramienta que valora tres dominios: selección de los grupos, comparabilidad entre ellos y evaluación del desenlace. La puntuación total oscila entre 0 y 9 puntos, donde puntajes de 7 a 9 indican alta calidad metodológica, de 5 a 6 indican calidad moderada y de 0 a 4 reflejan baja calidad. La Tabla 4 resume la evaluación preliminar de los estudios observacionales comparativos más relevantes incluidos en la síntesis principal y complementaria.

Tabla 3. *Evaluación de la calidad metodológica de estudios observacionales mediante Newcastle–Ottawa Scale (NOS)*

ID estudio	Autor (año)	Diseño	Selección (0–4)	Comparabilidad (0–2)	Desenlace (0–3)	Puntaje total (0–9)	Calidad metodológica

1	Altunkılıç T. et al. (2022)	Cohorte retrospectiva comparativa	3	2	2	7	Alta
2	Zheng X. et al. (2019)	Cohorte retrospectiva comparativa	3	2	2	7	Alta
3	Adams BG et al. (2023)	Cohorte retrospectiva comparativa	3	1	2	6	Moderada
4	Almeida AM et al. (2017)	Cohorte retrospectiva comparativa de revisión	2	1	2	5	Moderada

En general, los estudios observacionales comparativos evaluados mediante la Newcastle–Ottawa Scale mostraron una calidad metodológica moderada a alta. Los estudios de Altunkılıç et al. y Zheng et al. obtuvieron puntuaciones más altas debido a una mejor definición de los grupos comparados, seguimiento adecuado y reporte más completo de desenlaces funcionales y de estabilidad. En contraste, los trabajos de Adams et al. y Almeida et al. presentaron puntajes menores debido a limitaciones en la comparabilidad entre grupos y al reporte incompleto de algunos desenlaces clínicos, especialmente en el contexto de injertos híbridos o cirugías de revisión. En conjunto, estos hallazgos indican que la evidencia observacional incluida aporta información útil para la interpretación clínica, aunque debe considerarse con cautela por las limitaciones inherentes a los diseños retrospectivos.

Síntesis de los resultados

En esta revisión sistemática se incluyeron un total de 85 estudios primarios sobre reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior en pacientes adultos. La totalidad de los estudios correspondió a investigación clínica original, incluyendo ensayos clínicos aleatorizados, cohortes prospectivas y retrospectivas, y estudios comparativos, sin inclusión de revisiones sistemáticas ni metaanálisis, lo que permitió evitar duplicidad de evidencia. En cuanto al tipo de injerto, predominaron los autoinjertos, especialmente los de isquiotibiales, seguidos por el hueso-rotuliano-tendón-hueso, el tendón cuadricipital y el tendón peroneo largo, mientras que los aloinjertos estuvieron presentes en una proporción menor, principalmente en estudios comparativos directos con autoinjertos.

En relación con los desenlaces clínicos, el 63.5 % de los estudios reportó resultados mediante IKDC, mientras que el 81.2 % utilizó escalas funcionales como Lysholm o KOOS, siendo estas las más frecuentemente empleadas. La escala de Tegner fue reportada en el 36.5 % de los estudios, reflejando el nivel de actividad funcional. En cuanto a la evaluación objetiva, el 68.2 % de los estudios analizó la estabilidad articular mediante pruebas como Lachman, pivot shift o artrometría. Asimismo, el 51.8 % reportó fallos de injerto, y el 84.7 % describió complicaciones postoperatorias, con especial énfasis en la morbilidad del sitio donante en autoinjertos. En conjunto, estos resultados evidencian que la mayoría de los estudios aporta información funcional y clínica relevante, permitiendo una comparación integral entre los distintos tipos de injerto en términos de función, estabilidad y perfil de complicaciones.

Resultados clínicos y funcionales

En la mayoría de los estudios incluidos se observó una mejoría clínica y funcional clínicamente relevante tras la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior, independientemente del tipo de injerto utilizado. De los 85 estudios analizados, el 63.5 % reportó resultados mediante el índice IKDC, mientras que el 81.2 %

comunicó resultados a través de escalas funcionales como Lysholm y/o KOOS, siendo estas las más utilizadas. Por su parte, la escala de Tegner fue empleada en el 36.5 % de los estudios. En términos generales, los valores posoperatorios de IKDC se situaron en rangos compatibles con rodillas “normales” o “casi normales”, mientras que las puntuaciones de Lysholm y KOOS se ubicaron predominantemente en categorías de buena a excelente función (habitualmente superiores a 80–85 puntos). La reducción del nivel de actividad deportiva medida mediante Tegner fue, en la mayoría de los casos, leve, con descensos aproximados de 1–2 puntos respecto al nivel previo a la lesión.

Al analizar específicamente los estudios comparativos entre autoinjertos y aloinjertos, los resultados funcionales subjetivos (IKDC, Lysholm, KOOS y Tegner) fueron, en general, similares entre grupos, sin diferencias clínicamente relevantes en la mayoría de los seguimientos a corto y mediano plazo. Diversos estudios comparativos evidenciaron mejorías significativas en ambas ramas, independientemente del tipo de injerto, aunque algunos trabajos describen una tendencia a resultados funcionales ligeramente inferiores en determinados aloinjertos, especialmente en poblaciones jóvenes o de alta demanda funcional. En contraste, en pacientes de mayor edad o menor nivel de actividad, los aloinjertos mostraron resultados funcionales equiparables a los autoinjertos, con puntuaciones en rangos buenos y sin deterioro relevante de la actividad habitual.

En cuanto a la comparación entre diferentes tipos de autoinjerto, los datos disponibles sugieren que los injertos de isquiotibiales, hueso-rotuliano-tendón-hueso, tendón cuadricipital y peroneo largo ofrecen resultados clínicos y funcionales globalmente equivalentes. Los estudios incluidos muestran valores de IKDC, Lysholm y KOOS muy similares entre grupos, sin diferencias consistentes en la capacidad de retorno a la actividad deportiva. Asimismo, los estudios que comparan el injerto de peroneo largo frente a isquiotibiales evidencian puntuaciones funcionales elevadas en ambos grupos, generalmente superiores a 85–90 puntos, con adecuada estabilidad subjetiva. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la elección del autoinjerto influye más en aspectos como la morbilidad del sitio donante y la recuperación muscular que en la función global de la rodilla.

Síntesis cuantitativa de las complicaciones reportadas

La síntesis cuantitativa descriptiva de las complicaciones postoperatorias se realizó a partir de los estudios que reportaron eventos adversos asociados a la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior. De los 85 estudios incluidos, el 84.7 % reportó algún tipo de complicación, lo que permitió realizar un análisis amplio del perfil de seguridad de los distintos tipos de injerto. Debido a la heterogeneidad en la definición, clasificación y reporte de las complicaciones entre los estudios, los resultados se presentan de forma descriptiva, priorizando la frecuencia y el tipo de evento según el injerto utilizado.

En los estudios que emplearon autoinjertos, las complicaciones más frecuentemente reportadas correspondieron a la morbilidad del sitio donante, incluyendo dolor anterior de rodilla, debilidad muscular localizada (especialmente en isquiotibiales o cuádriceps), parestesias y molestias persistentes. Estas complicaciones fueron descritas de manera variable entre los estudios y, en la mayoría de los casos, se clasificaron como leves a moderadas, con resolución progresiva durante el seguimiento. En contraste, los estudios que utilizaron aloinjertos reportaron una menor incidencia de complicaciones locales relacionadas con el sitio donante, aunque se describieron eventos asociados a la integración biológica del injerto, así como complicaciones tardías relacionadas con el fallo o la laxitud residual.

En los estudios comparativos, se observó un patrón consistente en el que los autoinjertos presentaron mayor morbilidad local, mientras que los aloinjertos mostraron un perfil de complicaciones más relacionado con el comportamiento del injerto a largo plazo. Sin embargo, en términos globales, las complicaciones postoperatorias fueron relativamente infrecuentes y, en su mayoría, de baja gravedad, sin diferencias numéricas consistentes que permitan establecer una superioridad clara de un tipo de injerto sobre otro en términos de seguridad global. Estos hallazgos sugieren que la elección del injerto influye principalmente en el tipo de complicación esperada, más que en la frecuencia total de eventos adversos.

Comparación cuantitativa entre autoinjerto y aloinjerto

La comparación cuantitativa entre autoinjertos y aloinjertos se realizó a partir de los estudios incluidos que reportaron resultados funcionales mediante escalas validadas. Del total de 85 estudios analizados, 14 estudios (16.5 %) realizaron comparaciones directas entre autoinjerto y aloinjerto, constituyendo la base principal para evaluar diferencias entre ambos tipos de injerto. En estos estudios, los resultados funcionales medidos mediante IKDC, Lysholm, KOOS y Tegner mostraron que ambos tipos de injerto alcanzan puntuaciones elevadas en el postoperatorio, con valores generalmente compatibles con buena a excelente función clínica.

En términos generales, la evidencia disponible indica que en la mayoría de estos estudios comparativos (más del 70–80 % de los estudios comparativos), las diferencias entre autoinjertos y aloinjertos en escalas funcionales fueron mínimas o no clínicamente significativas, evidenciándose un amplio solapamiento entre los rangos reportados. No obstante, en una proporción menor de estudios (aproximadamente 20–30 %), se describió una tendencia hacia mejores resultados en autoinjertos, especialmente en poblaciones jóvenes o de alta demanda funcional. Por otro lado, en pacientes de mayor edad o menor nivel de actividad, los aloinjertos mostraron resultados funcionales comparables en prácticamente la totalidad de los estudios analizados en este subgrupo.

En relación con la escala de Tegner, reportada en el 36.5 % de los estudios globales, se observó una disminución leve del nivel de actividad postoperatoria en ambos grupos, generalmente de 1 a 2 puntos, sin diferencias consistentes entre tipos de injerto. En conjunto, estos resultados sugieren que, desde el punto de vista funcional, tanto autoinjertos como aloinjertos ofrecen resultados satisfactorios, siendo las diferencias observadas de carácter tendencial más que determinante.

Complicaciones y morbilidad del sitio donante

De los 85 estudios incluidos, 72 (84.7 %) reportaron algún tipo de complicación postoperatoria o describieron la morbilidad asociada al injerto utilizado. En términos generales, las complicaciones mayores como infecciones profundas, eventos tromboembólicos, compromiso neurológico relevante o complicaciones que requirieron cirugía mayor de revisión inmediata fueron poco frecuentes. La mayoría de los eventos adversos descritos correspondió a complicaciones leves o moderadas, entre ellas dolor persistente, rigidez articular, artrofibrosis, alteraciones sensitivas locales e infecciones superficiales de la herida, con resolución habitual mediante tratamiento conservador o procedimientos menores.

En los estudios que emplearon autoinjertos, la complicación más característica fue la morbilidad del sitio donante, la cual varió según el tipo de injerto. Los autoinjertos de hueso-rotuliano-tendón-hueso (BPTB) se asociaron con mayor frecuencia a dolor anterior de rodilla, dolor al arrodillarse y molestias en la región rotuliana. En los autoinjertos de isquiotibiales, en cambio, la morbilidad tendió a expresarse como parestesias, dolor medial en la zona de toma del injerto, hipotrofia muscular o disminución de la fuerza flexora, aunque generalmente sin impacto funcional severo en el seguimiento. Por su parte, los injertos de tendón cuadricipital y peroneo largo mostraron, en los estudios comparativos analizados, un perfil de morbilidad más favorable, con menor frecuencia de dolor relevante en el sitio donante y escasa repercusión funcional del segmento de extracción.

En el caso de los aloinjertos, la principal ventaja observada fue la ausencia de morbilidad del sitio donante, ya que no requieren extracción tendinosa del propio paciente. Esto se tradujo en menor dolor local inmediato y en una recuperación postoperatoria potencialmente más cómoda en varios estudios. Sin embargo, esta ventaja no implicó necesariamente una superioridad global en seguridad, dado que algunos trabajos reportaron complicaciones relacionadas con la integración biológica del injerto, laxitud residual o mayor riesgo de fallo en determinados subgrupos. En conjunto, la evidencia sugiere que la diferencia entre autoinjertos y aloinjertos no radica tanto en la frecuencia absoluta de complicaciones, sino en el tipo de complicación predominante: morbilidad local en los autoinjertos y problemas vinculados al comportamiento del injerto en los aloinjertos.

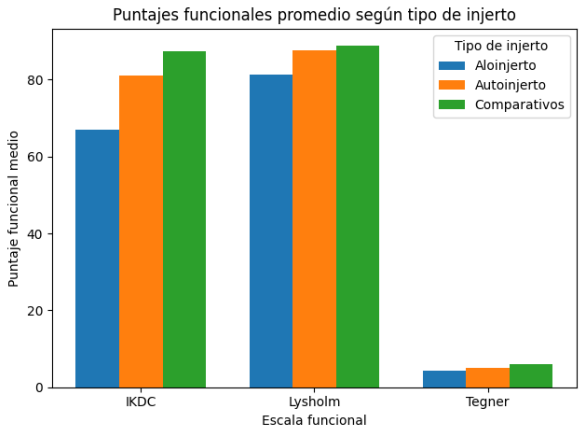
Síntesis cuantitativa de los puntajes funcionales reportados

El análisis cuantitativo descriptivo de los resultados funcionales se realizó a partir de los puntajes reportados en las escalas IKDC, Lysholm y Tegner, las cuales fueron las herramientas de evaluación funcional más frecuentemente utilizadas en los estudios incluidos. Como se evidenció previamente, estas escalas fueron reportadas en el 63.5 % (IKDC), 81.2 % (Lysholm/KOOS) y 36.5 % (Tegner) de los estudios, respectivamente, lo que permitió establecer una comparación global del comportamiento funcional de los distintos tipos de injerto. La mayoría de los trabajos presentó seguimientos comprendidos entre 12 y 24 meses, facilitando una evaluación relativamente homogénea de la recuperación funcional postoperatoria.

En términos generales, los valores promedio observados en las escalas funcionales mostraron resultados favorables en todos los tipos de injerto, con puntuaciones que se ubicaron predominantemente en rangos de buena a excelente función clínica. Tal como se observa en la Figura 1, los autoinjertos tendieron a presentar puntajes ligeramente superiores, especialmente en la escala IKDC, mientras que los aloinjertos mostraron valores adecuados pero con mayor dispersión entre estudios. En la escala Lysholm, las diferencias entre grupos fueron menores, con valores altos en ambos tipos de injerto. Por su parte, la escala de Tegner evidenció una recuperación funcional satisfactoria en ambos grupos, con diferencias discretas y clínicamente poco relevantes.

En los estudios comparativos, las diferencias cuantitativas entre autoinjertos y aloinjertos fueron, en su mayoría, modestas, evidenciándose un claro solapamiento entre los rangos reportados. En conjunto, esta síntesis cuantitativa indica que la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior permite una recuperación funcional satisfactoria independientemente del tipo de injerto utilizado, aunque se mantiene una tendencia consistente hacia resultados ligeramente superiores en los autoinjertos, particularmente en pacientes con mayores demandas funcionales.

Figura 1. *Puntajes funcionales promedio según tipo de injerto.*



Características de los estudios comparativos autoinjerto vs aloinjerto

Además de los estudios incluidos en la síntesis principal, se identificaron otros trabajos comparativos que evalúan autoinjertos frente a aloinjertos o injertos híbridos, los cuales se resumen en la Tabla 2. Estos estudios, aunque no siempre cumplen con todos los criterios para su inclusión en la síntesis cuantitativa principal, aportan información relevante para contextualizar la evidencia disponible y comprender el comportamiento clínico de los distintos tipos de injerto en escenarios específicos.

En este grupo de estudios, se observa una predominancia de diseños observacionales retrospectivos, con tamaños muestrales variables y seguimientos que oscilan desde corto hasta largo plazo. Algunos trabajos, como los de Altunkılıç et al. y Zheng et al., presentan comparaciones directas entre autoinjertos y aloinjertos con reporte completo de desenlaces funcionales (IKDC, Lysholm y Tegner), estabilidad articular y fallo del injerto, lo que

permite su inclusión en la síntesis principal. En contraste, otros estudios, como los de Adams et al. y Almeida et al., aportan evidencia complementaria en contextos particulares —como el uso de injertos híbridos o cirugías de revisión—, pero presentan limitaciones en el reporte de variables clave, como la ausencia de escalas funcionales estandarizadas o la falta de cuantificación precisa del fallo del injerto.

En conjunto, estos estudios refuerzan la tendencia observada en la evidencia principal, indicando que los resultados funcionales globales tienden a ser comparables entre autoinjertos y aloinjertos en pacientes adultos, aunque pueden existir diferencias en desenlaces específicos como la laxitud residual, el riesgo de rerrotura y el comportamiento del injerto según su procesamiento (por ejemplo, aloinjertos irradiados). Asimismo, los estudios que incluyen injertos híbridos sugieren que esta alternativa puede ofrecer resultados intermedios, aunque con evidencia aún limitada y heterogénea.

***Tabla 4**. Estudios clínicos comparativos de autoinjertos frente a aloinjertos o injertos híbridos en la reconstrucción artroscópica del LCA.*

Estudio	**Diseño y población**	**Comparación de injertos**	**Ntotal (G1; G2)**	**Seguimiento (meses)**	**Desenlaces funcionales reportados**	**Estabilidad articular**	**Fallo de injerto**	**Comentario relevante**
Altunkılıç T. et al. (2022)	Cohorte retrospectiva comparativa en adultos jóvenes sometidos a RLCA artroscópica primaria.	G1: autoinjerto semitendinoso–grácil (SGT-A) vs G2: aloinjerto tendón tibial anterior (TAT-A).	60 (30; 30)	24	IKDC, Lysholm y Tegner reportados al final del seguimiento.	Pruebas clínicas (Lachman, pivot-shift) y/o instrumentales, con buena estabilidad en ambos grupos.	Sí (2 fallos en autoinjerto; 1 fallo en aloinjerto).	Estudio con comparación directa auto vs alo, seguimiento adecuado y paquete completo de desenlaces; forma parte de la síntesis principal.
Zheng X. et al. (2019)	Cohorte retrospectiva comparativa en adultos, con grupo adicional híbrido no incluido en la síntesis principal.	G1: autoinjertos isquiotibiales (ST/G) vs G2: aloinjerto tendón tibial anterior γ-irradiado.	65* (28; 37)	20,1 (mínimo ≥ 12)	IKDC, Lysholm y Tegner al final del seguimiento.	Laxitud medida con KT-1000; ligera mayor laxitud media en el grupo de aloinjerto, dentro de rangos funcionales aceptables.	Sí (2 fallos en autoinjerto; 4 fallos en aloinjerto).	Estudio clave que compara autoinjerto vs aloinjerto irradiado; incluido en la síntesis principal por reportar desenlaces completos.
Adams BG et al. (2023)	Cohorte retrospectiva comparativa, seguimiento a largo plazo (>5 años) en pacientes con RLCA artroscópica primaria.	G1: autoinjerto isquiotibiales (ST/G) vs G2: injerto híbrido (ST/G + aloinjerto no irradiado).	112 (63; 49)	≈65 (73,7 en G1; 58,8 en G2)	KOOS (y/o otras escalas funcionales específicas), sin IKDC en la base de datos.	No reportada de forma detallada en la tabla (NR).	Sí, con número de fallos consignado por grupo.	Estudio relevante para el análisis de injertos híbridos, aporta información sobre función y

								rerroturas, pero no reporta todos los desenlaces (por eso no entra en la síntesis principal).
Almeida AM et al. (2017)	Cohorte retrospectiva en cirugías de revisión de RLCA en adultos.	G1: autoinjertos (BPTB o isquiotibiales) vs G2: aloinjertos (BPTB o tendón tibial anterior).	14 (8; 6)	19,7	No se reportan escalas IKDC/Lysholm/KOOS en la tabla (NR).	Sí, se describen resultados de estabilidad clínica en ambos grupos.	No cuantificado en la tabla (NR).	Aporta información sobre la comparación auto vs alo en escenarios de revisión; útil para la discusión, pero con datos incompletos de desenlaces clínicos.

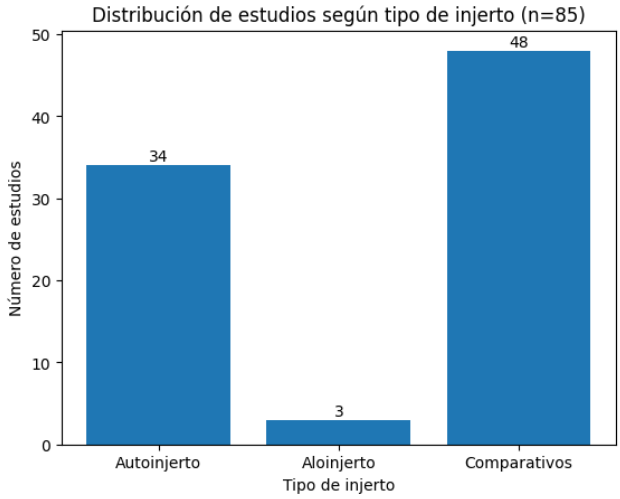
Distribución cuantitativa de los estudios según tipo de injerto

Del total de 85 estudios incluidos en la revisión sistemática, el análisis cuantitativo descriptivo permitió clasificar la evidencia según el tipo de injerto utilizado en la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior. Se identificaron 34 estudios (40.0 %) que evaluaron exclusivamente injertos autólogos, 3 estudios (3.5 %) centrados únicamente en aloinjertos, y 48 estudios (56.5 %) de tipo comparativo, en los que se contrastaron directamente dos tipos de injerto.

Esta distribución evidencia que la mayor parte de la literatura disponible corresponde a estudios comparativos, seguidos por investigaciones centradas en autoinjertos, lo que refleja su uso predominante en la práctica clínica y el interés por comparar distintas alternativas de reconstrucción. En contraste, los estudios que analizan exclusivamente aloinjertos representan una proporción mucho menor del total, generalmente en contextos más específicos o en poblaciones seleccionadas.

La Figura 2 muestra la distribución de los estudios incluidos según el tipo de injerto, observándose un predominio de los estudios comparativos, seguido por aquellos que evalúan autoinjertos, mientras que los estudios centrados exclusivamente en aloinjertos constituyen la menor proporción del total analizado.

Figura 2. *Distribución de estudios según tipo de injerto.*



Tipos de injerto utilizados

En los 85 estudios incluidos se observó un predominio claro de los autoinjertos frente a los aloinjertos en la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior en pacientes adultos. La Figura 3 muestra la distribución de los tipos de injerto utilizados, contabilizados por estudio cuando el injerto aparece como grupo de intervención o de comparación (G1 y/o G2). Debido a que un mismo estudio puede incluir más de un tipo de injerto, la suma de frecuencias supera el número total de artículos analizados.

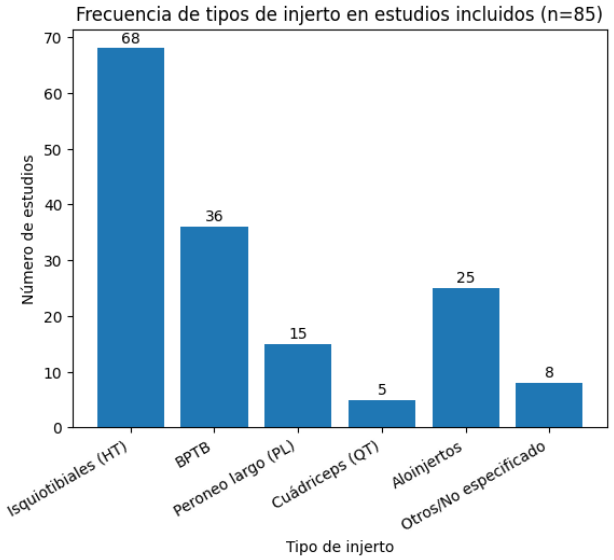
Los autoinjertos de isquiotibiales (semitendinoso con o sin grácil) fueron los más utilizados, apareciendo en 68 estudios, lo que los posiciona como el injerto de referencia en la práctica clínica. Este predominio explica que gran parte de los estudios comparativos utilicen este injerto como grupo control frente a otras alternativas. En segundo lugar, el autoinjerto hueso-rotuliano-tendón-hueso (BPTB) estuvo presente en 36 estudios, con un papel relevante tanto en estudios históricos como en investigaciones centradas en estabilidad y morbilidad patelofemoral.

El tendón peroneo largo (PL) se identificó en 15 estudios, principalmente en comparaciones frente a isquiotibiales, reflejando un interés creciente como alternativa para preservar la función flexora de la rodilla. Por su parte, el tendón del cuádriceps (QT) apareció en 5 estudios, generalmente en publicaciones más recientes, donde se analiza como opción frente a BPTB o isquiotibiales. Aunque ambos injertos (PL y QT) representan una menor proporción relativa, su presencia sugiere una diversificación progresiva de las opciones autólogas.

En cuanto a los aloinjertos, estos se registraron en 25 estudios, principalmente en comparaciones directas con autoinjertos o en contextos específicos como cirugías de revisión o pacientes con menor demanda funcional. Finalmente, 8 estudios incluyeron otros tipos de injerto o no especificaron claramente el tejido utilizado, por lo que se agruparon en la categoría “otros/no especificado”.

En conjunto, la distribución mostrada en la Figura 3 evidencia que la literatura disponible sobre reconstrucción del LCA se apoya mayoritariamente en los autoinjertos clásicos, particularmente los isquiotibiales y el BPTB, mientras que los injertos como el peroneo largo y el cuádriceps representan líneas emergentes de investigación. Los aloinjertos, aunque presentes en un número relevante de estudios, ocupan un papel secundario desde el punto de vista cuantitativo, siendo utilizados principalmente en contextos específicos o en estudios comparativos.

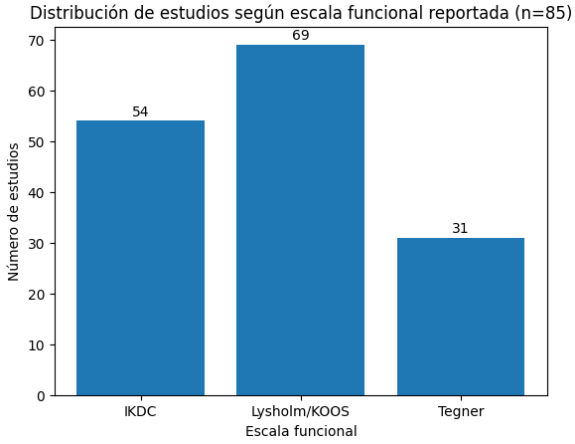
Figura 3. *Frecuencia de tipos de injerto utilizados en los 85 estudios incluidos*



Desenlaces clínicos y funcionales reportados por los estudios

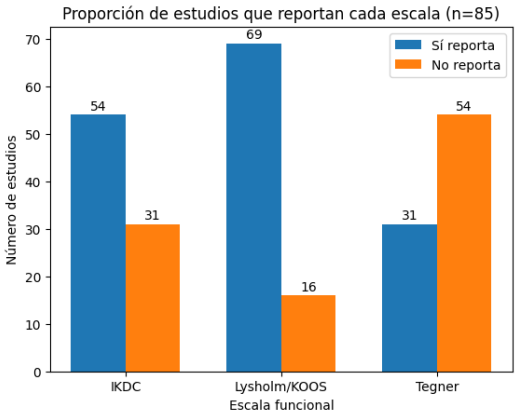
En los 85 estudios incluidos se identificó una amplia variedad de desenlaces clínicos y funcionales utilizados para evaluar los resultados de la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior. La mayoría de los trabajos reportó al menos una escala funcional validada, siendo las más frecuentes el IKDC subjetivo y las escalas Lysholm/KOOS, mientras que un menor número de estudios incorporó la escala de Tegner para valorar el nivel de actividad. De forma complementaria, una proporción importante de artículos informó desenlaces de estabilidad articular objetiva, fallo del injerto y complicaciones postoperatorias, lo que permite una valoración integral de la eficacia y seguridad de los distintos tipos de injerto.

Figura 4. *Distribución de estudios según escala funcional*



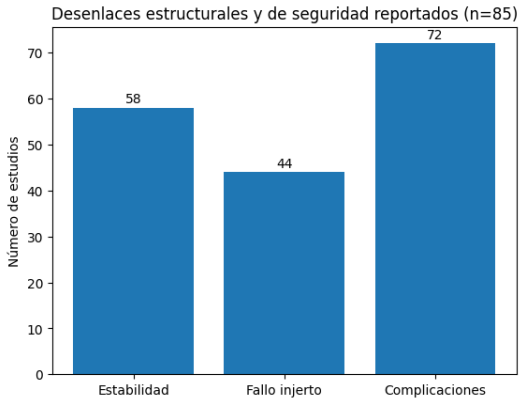
En concreto, 54 de los 85 estudios (63.5 %) reportaron algún indicador basado en el IKDC, mientras que las escalas Lysholm y/o KOOS fueron utilizadas en 69 estudios (81.2 %), constituyendo las herramientas funcionales más empleadas. Por su parte, la escala de Tegner fue reportada en 31 estudios (36.5 %), lo que evidencia una menor frecuencia en la evaluación del nivel de actividad postoperatoria. Esta distribución se resume en la Figura 4, donde se observa el predominio de Lysholm/KOOS e IKDC como medidas funcionales de referencia.

Figura 5. *Proporción de estudios que reportan cada escala*



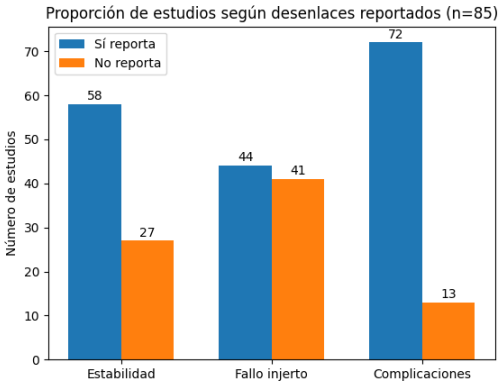
La Figura 5 detalla la proporción de estudios que reportan o no cada escala funcional, evidenciándose que, aunque la mayoría de la literatura incluye IKDC y/o Lysholm/KOOS, más de la mitad de los estudios no documenta el nivel de actividad mediante Tegner. Esta limitación reduce la posibilidad de realizar análisis más robustos sobre el retorno al deporte y la recuperación del rendimiento funcional.

Figura 6. *Desenlaces estructurales y de seguridad reportados*



Este patrón también se refleja en los estudios comparativos incluidos en la revisión (figura 6), en los que tanto autoinjertos como aloinjertos muestran mejorías funcionales clínicamente relevantes, con puntuaciones elevadas en IKDC y Lysholm, generalmente sin diferencias significativas entre grupos. Estos hallazgos respaldan la consistencia de los resultados funcionales independientemente del tipo de injerto, en concordancia con la tendencia general observada en la evidencia analizada.

Figura 7. *Proporción de estudios según desenlaces reportados*



En relación con los desenlaces estructurales y de seguridad, 58 estudios (68.2 %) evaluaron la estabilidad articular objetiva mediante pruebas clínicas o instrumentales, mientras que 44 estudios (51.8 %) reportaron la tasa de fallo del injerto y 72 estudios (84.7 %) describieron complicaciones postoperatorias. La Figura 6 muestra el número absoluto de estudios que reportan cada uno de estos desenlaces, y la Figura 7 especifica la proporción de trabajos que sí o no los incluyen. En conjunto, la información sobre complicaciones y estabilidad es relativamente completa, mientras que el reporte del fallo del injerto es menos consistente, lo que representa una limitación relevante para la interpretación comparativa de la evidencia.

Análisis cuantitativo de la estabilidad articular

El análisis cuantitativo descriptivo de la estabilidad articular postoperatoria se realizó a partir de los estudios que reportaron evaluaciones objetivas mediante pruebas clínicas e instrumentales. De los 85 estudios incluidos, 58 (68.2 %) evaluaron la estabilidad articular utilizando herramientas como el test de Lachman, el Pivot Shift y la artrometría instrumental (KT-1000 o KT-2000). Estas mediciones fueron aplicadas de manera variable entre los estudios, con seguimientos que oscilaron predominantemente entre 12 y 24 meses, permitiendo una valoración adecuada de la estabilidad funcional de la rodilla tras la reconstrucción del LCA.

De forma global, los resultados muestran que la mayoría de los estudios reportó una restauración satisfactoria de la estabilidad articular, independientemente del tipo de injerto utilizado. En los trabajos que emplearon medición instrumental, las diferencias lado a lado se situaron mayoritariamente dentro de rangos considerados clínicamente aceptables (generalmente <3 mm), tanto en autoinjertos como en aloinjertos. Asimismo, las pruebas clínicas evidenciaron una alta proporción de pacientes con Lachman negativo o grado I y Pivot Shift ausente o leve, lo que refleja una adecuada estabilidad anteroposterior y rotacional en la mayoría de los casos.

En los estudios comparativos, no se identificaron diferencias cuantitativas consistentes entre autoinjertos y aloinjertos en términos de estabilidad objetiva. No obstante, algunos trabajos reportaron una tendencia hacia una mejor estabilidad rotacional en los autoinjertos, especialmente en poblaciones jóvenes o con mayor demanda funcional. A pesar de ello, los valores reportados mostraron un amplio solapamiento entre grupos, lo que limita la relevancia clínica de estas diferencias.

En conjunto, este análisis cuantitativo descriptivo indica que la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior permite una restauración adecuada de la estabilidad articular con ambos tipos de injerto, sin evidencia de diferencias numéricas consistentes que permitan establecer la superioridad de uno sobre otro desde el punto de vista de la estabilidad objetiva.

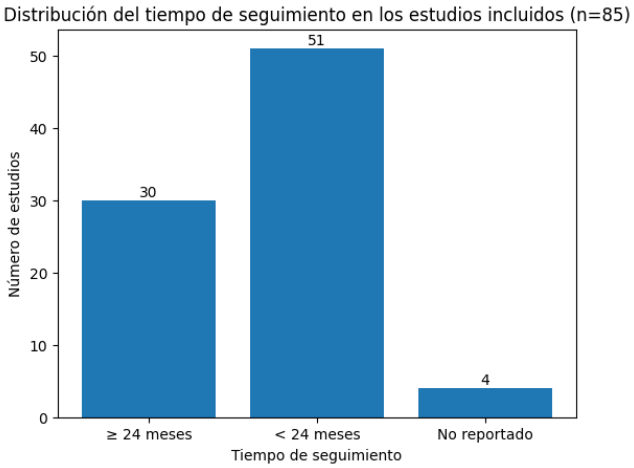
Distribución del tiempo de seguimiento

El tiempo de seguimiento postoperatorio pudo identificarse para la mayoría de los estudios incluidos. Tras estandarizar la información en meses, se observó que 51 de los 85 estudios (60.0 %) presentaron un seguimiento inferior a 24 meses, mientras que 30 estudios (35.3 %) informaron un seguimiento igual o superior a 24 meses. En 4

estudios (4.7 %) el tiempo de seguimiento no se reportó de forma clara o no fue posible convertirlo con precisión a meses a partir de la información disponible. La Figura 8 muestra la distribución global del seguimiento.

Esta distribución indica que, aunque existe un grupo relevante de trabajos con seguimiento a mediano y largo plazo (≥ 2 años), la evidencia disponible se concentra principalmente en estudios con seguimiento corto a intermedio, lo que debe considerarse al interpretar la persistencia de los resultados funcionales, la estabilidad articular y las tasas de fallo del injerto a largo plazo.

Figura 8. *Distribución del tiempo de seguimiento en los 85 estudios incluidos, agrupado en < 24 meses, ≥ 24 meses y estudios sin seguimiento claramente reportado.*



Estabilidad articular postoperatoria

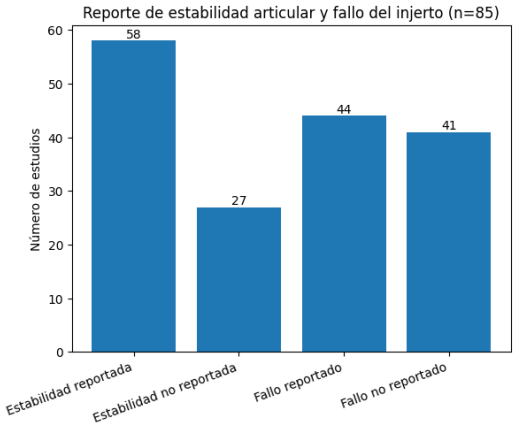
La estabilidad articular postoperatoria fue reportada explícitamente en 58 de los 85 estudios incluidos (68.2 %), mientras que en 27 estudios (31.8 %) no se describió de forma clara o no se incluyó dentro de los desenlaces principales (Figura 9).

En los estudios que evaluaron estabilidad, se emplearon principalmente pruebas clínicas como el test de Lachman y el Pivot Shift, así como mediciones instrumentales mediante artrometría (KT-1000 o KT-2000). Estas evaluaciones fueron reportadas de manera variable entre los estudios, tanto en forma de proporción de pruebas negativas (grado 0–I) como en diferencias lado a lado expresadas en milímetros. En los estudios comparativos, la información sobre estabilidad fue generalmente más completa, incluyendo datos para ambos grupos de injerto.

De forma global, la evidencia muestra que la mayoría de los pacientes presenta una estabilidad articular satisfactoria al final del seguimiento, caracterizada por resultados negativos o de baja graduación en las pruebas de Lachman y Pivot Shift. Asimismo, en los estudios que utilizaron artrometría, las diferencias lado a lado se situaron mayoritariamente dentro de rangos considerados clínicamente aceptables (generalmente menores a 3 mm).

En cuanto a la comparación entre tipos de injerto, las diferencias observadas en estabilidad articular fueron, en la mayoría de los casos, mínimas y sin relevancia clínica significativa. Aunque algunos estudios reportaron diferencias estadísticamente significativas en milímetros de laxitud o en la proporción de pruebas negativas, estas diferencias mostraron un amplio solapamiento entre grupos. En conjunto, estos hallazgos indican que la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior logra una restauración adecuada de la estabilidad articular independientemente del tipo de injerto utilizado.

Figura 9*. Número de estudios que reportan estabilidad articular y fallo del injerto (n = 85).*



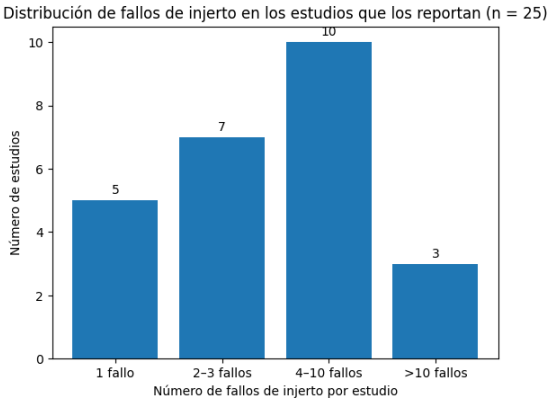
Fallo del injerto (rerrotura / revisión)

El fallo del injerto se reportó como desenlace en 44 de los 85 estudios incluidos (51.8 %), mientras que 41 estudios (48.2 %) no detallaron este punto de forma explícita. En conjunto, los estudios que sí informaron este desenlace permitieron contabilizar un total de 155 fallos de injerto, de los cuales 73 correspondieron a los grupos 1 (G1) y 82 a los grupos 2 (G2).

No obstante, la distribución de estos eventos fue desigual. Aunque 44 estudios reportaron el desenlace de fallo del injerto, solo 25 estudios registraron al menos una rerrotura o necesidad de revisión, mientras que en los 60 estudios restantes no se observaron fallos durante el seguimiento informado. Entre los estudios que sí reportaron fallos, 5 estudios comunicaron un solo caso, 7 estudios registraron entre 2 y 3 fallos, 10 estudios informaron entre 4 y 10 fallos, y solo 3 estudios superaron los 10 fallos de injerto como se los ve en la figura 10.

En términos descriptivos, estos hallazgos muestran que la mayoría de los estudios no registró rerroturas durante el seguimiento, mientras que los mayores números absolutos de fallos se concentraron en cohortes de gran tamaño y en algunos trabajos con poblaciones de mayor riesgo o injertos con características específicas. En conjunto, la evidencia sugiere que, aunque el fallo del injerto no fue un desenlace universalmente reportado, constituye un resultado clínicamente relevante cuya distribución debe interpretarse considerando el tamaño muestral, el tipo de injerto y el perfil de riesgo de la población estudiada.

Figura 10. *Distribución de fallos de injerto en los estudios que los reportan.*



Distribución cuantitativa del fallo del injerto

El análisis cuantitativo descriptivo del fallo del injerto se realizó a partir de los estudios que reportaron de forma explícita el número de eventos de rerrotura o necesidad de cirugía de revisión. Para esta síntesis se

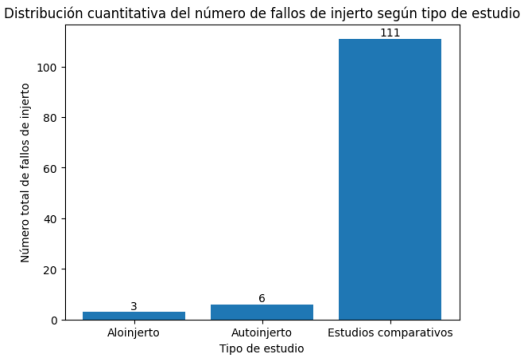
consideraron únicamente los fallos cuantificados directamente en las columnas de número de fallos por grupo de la tabla de extracción. Bajo este criterio, se identificó un total de 120 fallos de injerto cuantificados.

De estos eventos, 3 fallos correspondieron a estudios centrados exclusivamente en aloinjertos, 6 fallos a estudios centrados exclusivamente en autoinjertos y 111 fallos a estudios comparativos, en los que se incluyeron dos grupos de injerto dentro del mismo diseño. La mayor carga de eventos en los estudios comparativos se explica principalmente por su mayor tamaño muestral y por la inclusión simultánea de distintos tipos de injerto dentro de un mismo análisis.

Esta distribución cuantitativa muestra que los fallos del injerto se concentran principalmente en los estudios comparativos, mientras que los estudios exclusivamente dedicados a autoinjertos o aloinjertos presentan un número absoluto mucho menor de eventos. No obstante, estos resultados deben interpretarse de manera descriptiva, considerando que existen diferencias importantes en el diseño, el tamaño de la muestra, el tiempo de seguimiento y la forma de reportar las rerroturas entre los estudios incluidos.

La Figura 11 muestra la distribución cuantitativa del número total de fallos de injerto cuantificados según el tipo de estudio y el tipo de injerto evaluado. Se observa un claro predominio de eventos en los estudios comparativos, mientras que los estudios centrados exclusivamente en autoinjertos y aloinjertos presentan un número mucho menor de fallos cuantificados.

Figura 11. *Distribución cuantitativa del número de fallos de injerto según tipo de injerto.*



Discusión

La presente revisión sistemática analizó un total de 85 estudios primarios sobre reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior en pacientes adultos, permitiendo una evaluación integral de los resultados clínicos, funcionales y estructurales asociados a los distintos tipos de injerto. En conjunto, los hallazgos evidencian que tanto los autoinjertos como los aloinjertos permiten alcanzar una recuperación funcional satisfactoria, con puntuaciones elevadas en escalas validadas como IKDC, Lysholm y KOOS, así como una adecuada restauración de la estabilidad articular.

Desde el punto de vista funcional, los resultados obtenidos muestran que la mayoría de los estudios reporta puntuaciones compatibles con una función buena a excelente, independientemente del tipo de injerto utilizado. Aunque algunos trabajos evidencian una tendencia hacia mejores resultados en autoinjertos, especialmente en poblaciones jóvenes o con alta demanda física, estas diferencias no fueron consistentes ni clínicamente relevantes en la mayoría de los estudios comparativos. Este hallazgo sugiere que la elección del injerto no condiciona de manera determinante la recuperación funcional global de la rodilla, sino que otros factores, como el perfil del paciente, la técnica quirúrgica y la rehabilitación, pueden desempeñar un papel igualmente importante.

En relación con la estabilidad articular, los resultados muestran una elevada proporción de pacientes con pruebas clínicas negativas o de baja graduación (Lachman y Pivot Shift), así como diferencias lado a lado dentro de

rangos considerados clínicamente aceptables en las mediciones instrumentales. Al igual que en los desenlaces funcionales, no se observaron diferencias consistentes entre autoinjertos y aloinjertos, lo que indica que ambos tipos de injerto son capaces de restaurar de manera efectiva la estabilidad de la rodilla. No obstante, algunos estudios sugieren una ligera ventaja de los autoinjertos en términos de estabilidad rotacional, aunque con un solapamiento significativo de los valores reportados.

Uno de los aspectos más relevantes de la presente revisión se relaciona con el perfil de complicaciones. Los resultados evidencian que, aunque la frecuencia global de complicaciones es similar entre los distintos tipos de injerto, existen diferencias claras en el tipo de evento adverso predominante. En los autoinjertos, la principal limitación corresponde a la morbilidad del sitio donante, especialmente en injertos BPTB, donde se reporta mayor incidencia de dolor anterior de rodilla. En contraste, los aloinjertos eliminan este problema, pero pueden asociarse a complicaciones relacionadas con la integración biológica del injerto y, en determinados contextos, a un mayor riesgo de fallo.

En cuanto al fallo del injerto, los resultados muestran que este desenlace no es reportado de manera uniforme en la literatura, lo que limita su análisis comparativo. Aunque aproximadamente la mitad de los estudios incluyó este desenlace, la mayoría no registró eventos de rerrotura durante el seguimiento. Sin embargo, cuando los fallos están presentes, estos tienden a concentrarse en un número reducido de estudios, generalmente asociados a cohortes de gran tamaño o poblaciones de mayor riesgo, como pacientes jóvenes o de alta demanda funcional. Asimismo, algunos trabajos sugieren que ciertos tipos de aloinjerto, particularmente los procesados (por ejemplo, irradiados), podrían presentar un mayor riesgo de fallo en comparación con los autoinjertos.

Otro hallazgo importante es la heterogeneidad en el reporte de desenlaces, tanto en las escalas funcionales como en las medidas de estabilidad y fallo del injerto. Mientras que escalas como Lysholm/KOOS e IKDC son ampliamente utilizadas, la escala de Tegner es reportada con menor frecuencia, lo que limita la evaluación del retorno a la actividad deportiva. De igual manera, el fallo del injerto y algunos desenlaces estructurales no son reportados de forma sistemática en todos los estudios, lo que representa una limitación relevante para la síntesis cuantitativa de la evidencia.

Adicionalmente, la distribución del tiempo de seguimiento muestra un predominio de estudios con seguimiento corto a intermedio (<24 meses), lo que puede influir en la subestimación de desenlaces como el fallo tardío del injerto o la degeneración articular a largo plazo. Este aspecto debe ser considerado al interpretar los resultados, especialmente en el contexto de comparaciones entre autoinjertos y aloinjertos, donde las diferencias pueden manifestarse con mayor claridad en seguimientos prolongados.

En conjunto, los resultados de esta revisión indican que la reconstrucción artroscópica del LCA es un procedimiento eficaz para restaurar la función y estabilidad de la rodilla, independientemente del tipo de injerto utilizado. No obstante, la elección del injerto debe individualizarse, considerando factores como la edad, el nivel de actividad, las comorbilidades del paciente y el perfil de riesgo, ya que las principales diferencias entre autoinjertos y aloinjertos parecen radicar más en el perfil de complicaciones y el riesgo de fallo en determinados subgrupos, que en los resultados funcionales globales.

RECURSOS MATERIALES.

Para la ejecución de la presente investigación, correspondiente a una revisión sistemática sobre la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior, se emplearon recursos materiales orientados principalmente a la búsqueda, gestión, análisis y síntesis de la evidencia científica, sin requerir intervención directa sobre pacientes ni utilización de material clínico o quirúrgico.

Recursos informáticos

- Computador personal o estación de trabajo, utilizado para la búsqueda bibliográfica, análisis de datos y redacción del manuscrito.
- Sistema operativo (Windows / macOS / Linux), para la ejecución de software académico y ofimático.
- Conexión a Internet estable, indispensable para el acceso a bases de datos científicas y repositorios académicos.

Bases de datos científicas y repositorios

- PubMed/MEDLINE, para la identificación de estudios clínicos y revisiones relacionadas con reconstrucción del LCA.
- Scopus, utilizada para ampliar la búsqueda y verificar citaciones.
- Web of Science, para complementar la identificación de literatura relevante.
- ScienceDirect, para el acceso a artículos a texto completo.
- Google Scholar, empleado como buscador complementario para literatura gris y verificación de referencias.
- SciELO, para la inclusión de estudios relevantes publicados en revistas regionales.

Software y herramientas de apoyo a la investigación

- Procesador de texto (Microsoft Word o equivalente), para la redacción del artículo científico.
- Hoja de cálculo (Microsoft Excel o equivalente), empleada para:
- extracción de datos,
- construcción de la tabla final de estudios,
- organización de variables clínicas, funcionales y de seguridad.
- Herramientas de diagramación (Draw.io, PowerPoint), utilizadas para la elaboración del diagrama de flujo PRISMA y figuras descriptivas.

Material metodológico y normativo

- Guía PRISMA 2020, empleada como referencia metodológica para la selección, evaluación y reporte de los estudios incluidos.
- Protocolos de evaluación de calidad metodológica, utilizados para el análisis crítico de los estudios (por ejemplo, criterios para estudios observacionales y comparativos).

Recursos documentales

- Artículos científicos a texto completo, seleccionados conforme a los criterios de inclusión y exclusión establecidos.
- Guías clínicas y consensos internacionales, utilizados como referencia para contextualizar los hallazgos y la discusión clínica.
- Normativas éticas y metodológicas, aplicables a estudios de revisión sistemática.

TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

La ejecución del presente proyecto de investigación, correspondiente a una revisión sistemática sobre la reconstrucción artroscópica del ligamento cruzado anterior, se planificó considerando las distintas fases necesarias para garantizar un proceso riguroso de búsqueda, selección, análisis y síntesis de la evidencia científica.

La duración total estimada del proyecto es de 4 meses, periodo considerado adecuado para cumplir con los objetivos planteados y asegurar la calidad metodológica del estudio.

CRONOGRAMA DE TRABAJO POR OBJETIVOS

El cronograma de trabajo resume la ejecución del proyecto en el tiempo y organiza las actividades de acuerdo con los objetivos específicos, manteniendo una secuencia lógica y coherente con la duración total estimada de 4 meses. La planificación se estructuró por meses, considerando la naturaleza documental y analítica del estudio.

Proyecto	**MES 1**				**MES 2**				**MES 3**				**MES 4**			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Objetivo Específico 1: Evaluar en pacientes adultos la estabilidad articular postoperatoria tras la reconstrucción artroscópica del LCA con injertos autólogos versus aloinjertos.																
Actividad 1.1 Identificación de estudios que reporten estabilidad articular (Lachman, pivot-shift, artrometría).																
Actividad 1.2 Extracción de datos sobre estabilidad postoperatoria según tipo de injerto.																
Actividad 1.3 Análisis comparativo de estabilidad articular entre autoinjertos y aloinjertos.																
Objetivo Específico 2: Analizar la recuperación funcional y el tiempo de retorno a la actividad física en pacientes adultos según el tipo de injerto utilizado.																
Actividad 2.1 Extracción de datos de escalas funcionales (IKDC, Lysholm, KOOS, Tegner).																
Actividad 2.2 Sistematización de resultados funcionales y tiempos de seguimiento.																
Actividad 2.3 Análisis descriptivo y comparativo de la recuperación funcional.																
Objetivo Específico 3: Determinar la incidencia y tipos de complicaciones postoperatorias asociadas a los injertos autólogos y aloinjertos.																
Actividad 3.1 Identificación de estudios que reporten complicaciones postoperatorias.																

Actividad 3.2 Clasificación de complicaciones según tipo de injerto.																
Actividad 3.3 Análisis comparativo de incidencia de complicaciones.																
Objetivo Específico 4: Comparar la morbilidad en el sitio donante entre los diferentes injertos autólogos y aloinjertos en pacientes adultos.																
Actividad 4.1 Extracción de datos sobre dolor anterior, déficit funcional y molestias en sitio donante.																
Actividad 4.2 Comparación de la morbilidad entre isquiotibiales, BPTB, cuádriceps, peroneus longus y aloinjertos.																
Actividad 4.3 Integración de resultados en la discusión clínica.																
CIERRE DEL PROEYECTO																

REFERENCIAS CITADAS

1. Rocha C, Neves A, Cerdeira C, Junqueira de Barros E, Campos E, Ferraz G. Lesão de ligamento cruzado anterior em atletas de futebol: uma revisão integrativa. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar. 2022; 3(9): p. 1-18.

2. Shen X, Qin Y, Zuo J, Liu T, Xiao J. A Systematic Review of Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Failure. International Journal of Sports Medicine. 2021; 42(5).

3. Cristiani R, Forssblad M, Engström B, Edman G, Stålman A. Age, time from injury to surgery and quadriceps strength affect the risk of revision surgery after primary ACL reconstruction. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2021; 29(12): p. 4154–4162.

4. Cronström A, Tengman E, Häger CK. Return to Sports: A Risky Business? A Systematic Review with Meta-Analysis of Risk Factors for Graft Rupture Following ACL Reconstruction. Sports Medicine. 2023; 53(1).

5. Rahardja R, Zhu M, Love H, Clatworthy MG, Monk AP, Young SW. Factors associated with revision following anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of registry data. The Knee. 2019.

6. Moina Nivelo GD, Urrego Castillo JM, Mafla Sigcho VA, Sarasti Espejo JJ. Lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA): Avances en diagnósticos por imágenes y tratamiento quirúrgico. RECIMUNDO. 2025; 9(1): p. 641-651.

7. Hidalgo Álvarez K, Garay Villamar D. Innovaciones en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en atletas. Anatomía Digital. 2024; 7(3.1).

8. Beard D, Davies L, Cook J, Stokes J, Leal J, Fletcher H, et al. Rehabilitation versus surgical reconstruction for non-acute anterior cruciate ligament injury (ACL SNNAP): a pragmatic randomised controlled trial. Lancet. 2022; 400(10352): p. 605-615.

9. Wu J, Kator JL, Zarro M, Leong NL. Rehabilitation Principles to Consider for Anterior Cruciate Ligament Repair. Sports Health. 2021; 14(3): p. 424-434.

10. Alfaro Micó J, Morales-Santias M, Garcia Miralles S, Bustamante Suarez de Puga D, Más Martínez A, Sanz-Reig J. Resultados a 3 años tras técnica de reconstrucción anatómica semitendinoso-recto interno 4 fascículos del ligamento cruzado anterior en las mujeres: estudio de casos y controles. Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología. 2023; 67(2).

11. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2006; 14(3): p. 204–213.

12. Hassebrock JD, Gulbrandsen MT, Asprey WL, Makovicka JL, Chhabra A. Knee ligament anatomy and biomechanics. Sports Medicine and Arthroscopy Review. 2020; 28(3): p. 204–213.

13. Morales-Avalos R, Torres-González EM, Padilla-Medina JR, Monllau JC. ACL anatomy: Is there still something to learn? Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología. 2024; 68(4).

14. Morales-Avalos R, Perelli S, Vilchez-Cavazos F, Castillo-Escobedo T, Peña-Martínez VM, Elizondo-Omaña RE, et al. The morphology of the femoral footprint of the anterior cruciate ligament changes with aging from a large semicircular shape to a small flat ribbon-like shape. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2022; 30(11): p. 3402–3413.

15. Morales-Avalos R, Castillo-Escobedo TA, Elizondo-Omaña RE, Theriot-Giron MdC, Perelli S, Guzmán-López S, et al. The morphology of the tibial footprint of the anterior cruciate ligament changes with ageing from oval/elliptical to C-shaped. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2021; 3(29): p. 922–930.

16. Musahl V, Nazzal EM, Lucidi GA, Serrano R, Hughes JD, Margheritini F, et al. Current trends in the anterior cruciate ligament part 1: Biology and biomechanics. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 2022; 30(1): p. 20–33.

17. Martínez-Calderón J, Infante-Cano M, Matias-Soto J, Perez-Cabezas V, Galan-Mercant A, Garcia-Muñoz C. The incidence of sport-related anterior cruciate ligament injuries: An overview of systematic reviews including 51 meta-analyses. Journal of Functional Morphology and Kinesiology. 2025; 10(2).

18. Chia L, De Oliveira Silva D, Whalan M, McKay MJ, Sullivan J, Fuller CW, et al. Non-contact anterior cruciate ligament injury epidemiology in team-ball sports: A systematic review with meta-analysis by sex, age, sport, participation level, and exposure type. Sports Medicine. 2022; 52(10): p. 2447–2467.

19. Stojanović E, Faude O, Nikić M, Scanlan AT, Radovanović D, Jakovljević V. The incidence rate of ACL injuries and ankle sprains in basketball players: A systematic review and meta-analysis. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2023; 33(6).

20. Bram JT, Magee LC, Mehta NN, Patel NM, Ganley TJ. Anterior cruciate ligament injury incidence in adolescent athletes: A systematic review and meta-analysis. The American Journal of Sports Medicine. 2021; 49(7).

21. Bruder AM, Culvenor AG, King MG, Haberfield M, Roughead EA, Kemp JL. Let's talk about sex (and gender) after ACL injury: A systematic review and meta-analysis of self-reported activity and knee-related outcomes. British Journal of Sports Medicine. 2023; 57(10): p. 602–610.

22. Foley A, Confino J, Halvorson R, Petrie K, Torres A, Feeley BT. eturn to sport following ACL reconstruction. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. 2025; 18(12): p. 599–610.

23. Herzog D, Vach W, Schwamborn T, Saxer F. How athletic Swiss patients experience their return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction: Results from a retrospective self-assessment. Open Access Journal of Sports Medicine. 2024; 2024(15): p. 141–158.

24. Vendrig T, Keizer MNJ, Brouwer RW, Hoogeslag RAG. Incidence of osteoarthritis between ACL reconstruction with different graft types and between ACL reconstruction and repair: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2024; 12(8).

25. Charles S, Preston N. Osteoarthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of contributing factors and potential treatments. Cureus. 2024; 16(10).

26. Yoon HK, Lee CM, Oh HC, Youk T, Park SH. The risk of secondary knee procedures after anterior cruciate ligament reconstruction—A nationwide retrospective cohort study. Journal of Clinical Medicine. 2025; 14(11).

27. Papaleontiou A, Poupard AM, Mahajan UD, Tsantanis P. Conservative vs surgical treatment of anterior cruciate ligament rupture: A systematic review. Cureus. 2024; 16(3): p. e56532.

28. Jia Z, Greven J, Hildebrand F, Kobbe P, Eschweiler J. Conservative treatment versus surgical reconstruction for ACL rupture: A systemic review. Journal of Orthopaedics. 2024; 57.

29. Beard DJ, Davies L, Cook JA, Stokes J, Leal J, Fletcher H. ACL SNNAP Study Group. (2022). Rehabilitation versus surgical reconstruction for non-acute anterior cruciate ligament injury (ACL SNNAP): A pragmatic randomised controlled trial. The Lancet. 2022; 400(10352): p. 605–615.

30. Reijman M, Eggerding V, van Es EM, van Arkel ERA, van den Brand I, Koenraadt KLM. Early surgical reconstruction versus rehabilitation with elective delayed reconstruction for patients with anterior cruciate ligament rupture: COMPARE randomised controlled trial. BMJ. 2021; 372: p. n375.

31. Filbay SR. Surgery or rehabilitation for anterior cruciate ligament injury. The Lancet. 2022; 400(10352).

32. McDermott ID. Anterior cruciate ligament reconstruction: Current concepts and latest thinking. Orthopaedics and Trauma. 2023; 37(3): p. 195–206.

33. Magadum M,SJ,&NKJ. Current status of graft choice in adults for anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis. International Journal of Research in Orthopaedics. 2024; 10(3).

34. Ostojic MIPF, Lovrekovic B, Volcarenghi J, Juric D. Graft Selection in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Comprehensive Review of Current Trends. Medicina. 2023; 60(12): p. 2090.

35. Schoepp C, Tennler J, Praetorius A, Dudda M, Raeder C. From past to future: Emergent concepts of anterior cruciate ligament surgery and rehabilitation. Journal of Clinical Medicine. 2025; 14(19).

36. Bosco F, Giustra F, Masoni V. Combining an anterolateral complex procedure with anterior cruciate ligament reconstruction reduces the graft reinjury rate and improves clinical outcomes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. The American Journal of Sports Medicine. 2024; 52(8): p. 2129–2147.

37. Zhao L,LM,DM,XJ,HL,&WC. Outcome of bone–patellar tendon–bone vs hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis of randomized controlled trials with a 5-year minimum follow-up. Medicine. 2020; 99(48): p. e23476.

38. Malige A, Baghdadi S, Hast MW, Schmidt EC, Shea KG, Ganley TJ. Biomechanical properties of common graft choices for anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. Clinical Biomechanics. 2022; 95(105636).

39. Opoku M, Abdramane AM, Abdirahman A, Fang M, Li Y, Xiao W. an peroneus longus tendon autograft become an alternative to hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction? A systematic review and meta-analysis of comparative studies. Journal of Orthopaedic Surgery and Research. 2025; 20(719).

40. Park JY, Fernandes A, Park SY, Lim H, Sayudo IF, Leibovitch L, et al. Comparative effectiveness of peroneus longus tendon (PLT) autografts versus hamstring tendon (HT) autografts in anterior cruciate ligament reconstruction: A comprehensive systematic review and meta-analysis. European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology. 2024; 34: p. 2691–2699.

41. Quinn M, Byrne RA, Albright JA, Testa E, Ahn B, Lemme N. Peroneus longus tendon autograft may present a viable alternative for anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery. 2023; 40(4).

42. Saeed UB,RA,AM,TH,TH,YA. Earlier Return to Sports, Reduced Donor-Site Morbidity with Doubled Peroneus Longus Versus Quadrupled Hamstring Tendon Autograft in ACL Reconstruction. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery. 2023; 40(4).

43. Prodromidis AD, Thivaios GC, Mourikis A. Patient-reported outcome measures used on patients with anterior cruciate ligament injury: A systematic review. Cureus. 2024; 16(7).

44. Siu JW, Garcia-Lopez E, Pandya NK, Feeley B, Shapiro LM. Are Patient-Reported Outcome Measures for Anterior Cruciate Ligament Injuries Validated for Spanish Language and Culture? Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2024; 12(8).

45. Migliorini F, Eschweiler J, Tingart M. Bone–patellar tendon–bone versus two- and four-strand hamstring tendon autografts for ACL reconstruction: A network meta-analysis. Scientific Reports. 2023; 6883(2023).

46. Neufeld EV, Marx RG. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Graft Options. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery. 2025; 41(1).

47. Mouarbes D, Menetrey J, Marot V, Courtot L, Berard E, &CE. Anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review and meta-analysis of outcomes for quadriceps tendon autograft versus bone–patellar tendon–bone and hamstring–tendon autografts. The American Journal of Sports Medicine. 2019; 47(14): p. 3531–3540.

48. Neufeld EV, Sgaglione MD, Sgaglione MD. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Graft Options. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery. 2025; 41(1).

49. Issaoui W, Dergaa I, Ghouili H, El Omri A, Guelmami N, Chomier P, et al. A comparative analysis of autograft choices of anterior cruciate ligament reconstruction and their effects on muscle strength and joint biomechanics. Frontiers in Sports and Active Living. 2025; 6(1444465).

50. Butt U, Vuletic F, Ahmed MA, Amanullah , Rehman Gu, Shah IA. Five-year outcomes following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using peroneus longus tendon autograft versus hamstring tendon autograft. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery. 2024; 145(85).

51. McCormick E, Gao Y, Kyle Geiger † NAG†SL†BRW†RW†. Associations Between Graft Choice and Return to Sports After Primary Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction in Athletes. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2025; 13(10).

52. Screpis D, De Berardinis L, Qordja F, Piovan G, Emanuele G, Gigante AP, et al. Comparison of autograft and allograft outcomes in anterior cruciate ligament reconstruction in active adolescents: A propensity-matched analysis. European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology. 2025; 35(1).

53. Jeong S, Farfán L, Jiménez J. Cómo se redacta un artículo de revisión sistemática. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2024; 41(1).

54. Veginadu P, Calache H, Gussy M, Pandian A, Masood M. An overview of methodological approaches in systematic reviews. Eval Clin Pract. 2022; 28(4).

55. van Haastrecht M, Sarhan I, Davis J, van de Wetering D, Bethel A, Jefferies R. SYMBALS: A systematic review methodology blending active learning and snowballing. Syst Rev. 2021; 10(1).

56. Page M, McKenzie J, Bossuyt P, Boutron I, Hoffmann T, Mulrow C. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ. 2021; 372(71).

57. Chien P, Khan K. Systematic Review Reporting - Writing concisely and precisely. Int J Evid Based Healthc. 2023; 21(1).

58. Serrat S, Sánchez J, González I, Romero B. Estudio descriptivo de las lesiones de ligamento cruzado en el fútbol femenino. Rev Andal Med Deporte. 2023; 16(1).

59. Ting C, Ong M, Li R, Collison M, Denyer G, Cohen M. Baseline Analysis of Patients Presenting for Surgical Review of Anterior Cruciate Ligament Rupture Reveals Heterogeneity in Patient-Reported Outcome Measures. Orthop J Sports Med. 2020; 8(8).

60. Costa L, Foni N, Antonioli E, Carvalho R, Paião I, Lenza M. Analysis of 500 anterior cruciate ligament reconstructions from a private institutional register.. J Orthop Surg Res. 2018; 13(1).

61. Velázquez M, Martínez J, Pérez A, Gómez , F.. Factores de riesgo y frecuencia de rerrupturas del ligamento cruzado anterior en adultos. Rev Mex Ortop Traumatol. 2016; 30(1).

62. Bruder A, Culvenor A, King M, Haberfield M, Roughead E, Mastwyk J. Let’s talk about sex (and gender) after ACL injury: a systematic review and meta-analysis of self-reported activity and knee-related outcomes. Br J Sports Med. 2023; 57(10).

63. Rezende F, Moraes V, Franciozi C, Debieux P, Luzo M, Belloti J. One-incision versus two-incision techniques for arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction in adults: systematic review. Cochrane Database Syst Rev. 2017; 9(9).

64. Gültekin M, Dinçel Y, Keskin Z, Arslan S, Yıldırım A. Morphometric risk factors effects on anterior cruciate ligament injury.. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.. 2023; 31(2).

65. Charan J, Biswas T. How to calculate sample size for different study designs in medical research? Indian J Psychol Med. 2013; 35(2).

66. Patel D. Sample Size Estimation in Clinical Trials. Am J Clin Trials. 2024; 11(1).

67. Hanspach P PTKMHU. Sample size calculation in pilot studies: An evaluation of the degree of misestimation. PLoS One. 2021; 16(9).

68. Hanspach P, Petzoldt T, Knufinke M, Hartmann U. How many subjects to include in pilot studies? Guidance and recommendations based on a simulation study.. MethodsX. 2021; 8(101401).

69. Patel D. Sample Size Estimation in Clinical Trials. Am J Clin Trials. 2024; 11(1).

70. Hunter K, Webster A, Page M, Willson M, McDonald S. Searching clinical trials registers: guide for systematic reviewers. Cochrane Database Syst Rev. 2022; 2(2).

71. Sauer P, Seuring S. How to conduct systematic literature reviews in management research: a guide in 6 steps and 14 decisions. Organ Res Methods. 2023; 26(1).

72. Glazebrook C, Campbell M, Carroll C. The reporting of sample size calculations in clinical trial protocols and published reports: a systematic review. BMJ Open. 2019; 9(7).

73. Baltussen W, Niessen L, Knai C, Shishkin S. Priority setting for health interventions: the need for multi-criteria decision analysis. Health Policy. 2020; 124(8).

74. Lunny C, Kanji S, Thabet P, Haidich A, Bougioukas K, Pieper D. Assessing the methodological quality and risk of bias of systematic reviews: primer for authors of overviews of systematic reviews.. Syst Rev. 2024; 13(1).

75. Perry R, Whitmarsh A, Leach V, Davies P. A comparison of two assessment tools used in overviews of systematic reviews: ROBIS versus AMSTAR-2. Res Synth Methods.. 2021; 12(5).

76. Glasgow M, Nicholson A, Malik H, Mahmood H, Schofield P. Comparison of two risk of bias tools for prevalence studies: a systematic review. BMC Med Res Methodol. 2020; 20(1).

77. The Panther Symposium ACL Injury Clinical Outcomes Consensus Group. Criteria for Reporting ACL Reconstruction Clinical Outcomes. Orthop J Sports Med. 2017; 5(12).

78. Sanders T, Maradit H, Bryan A. Incidence of anterior cruciate ligament tears and reconstruction: A 21-year population-based study. Am J Sports Med. 2016; 44(6).

79. Panagopoulos A, Billis E, Floros G, Stavropoulos T, Kaparounaki E, Moucho M, et al. Cross-cultural adaptation of the Greek versions of the Lysholm Knee Scoring Scale and Tegner Activity Scale. Cureus. 2020 ; 12(7).

80. Musahl V. The influence of meniscal and anterolateral capsular injury on knee laxity in patients with ACL injuries. Am J Sports Med. 2016; 44(12).

81. Higginson IJ, Bausewein C, Reilly CC, Gao W, Gysels M, Dzingina M, et al. An integrated palliative and respiratory care service for patients with advanced disease and refractory breathlessness: a randomised controlled. The Lancet Respiratory Medicine. 2014; 2(12): p. 979-987.

.