

Indicaciones y planificación de la revisión en dos tiempos de la cirugía del ligamento cruzado anterior: revisión narrativa

Rafael Calvo Rodríguez¹, Waldo González Duque¹, David Figueroa Poblete¹, Rafael Calvo Mena¹, Sebastián Monge Berrios¹, Claudio Yáñez Lagos²

1. Facultad de Medicina, Clínica Alemana Universidad del Desarrollo. Chile

2. Hospital Las Higueras. Chile

RESUMEN

El aumento en las cirugías de reconstrucción del ligamento cruzado anterior (RLCA) ha generado un incremento proporcional en las revisiones quirúrgicas. Estadísticas canadienses estiman aproximadamente 13 000 revisiones anuales, mientras que en EE. UU. se reporta una incidencia entre el 4.1 y el 13.3 % de todas las RLCA.

El éxito de una cirugía de revisión depende de un enfoque sistemático que permita identificar la causa de la falla, como una re-rotura o inestabilidad persistente, y planificar el procedimiento definitivo. Si bien la mayoría de estas revisiones se realizan en un solo tiempo, entre el 8 y el 9 % requieren un abordaje en dos tiempos. Esta decisión depende de factores como la calidad ósea, el tamaño y la posición de los túneles, el método de fijación previo y la presencia de lesiones asociadas.

La principal indicación para una revisión en dos tiempos es la osteólisis con túneles mayores a 14 mm o el riesgo de convergencia entre los túneles primarios y de revisión. En este artículo se presenta una revisión narrativa sobre las indicaciones y la planificación quirúrgica de las revisiones del LCA en dos tiempos.

En conclusión, existe evidencia limitada, y en general de corto plazo, sobre los resultados de la reconstrucción del LCA en revisiones de dos etapas. A pesar de estas suelen realizarse en casos más complejos, los resultados reportados mostraron resultados clínicos comparables.

Palabras clave: Reconstrucción LCA; Fallo Plastia LCA; Revisión LCA; Cirugía en dos Tiempos; Dilatación Túneles

Nivel de Evidencia: V. Opinión de expertos

Indications and Planning of the Two-Stage Revision of Anterior Cruciate Ligament Surgery: A Narrative Review

ABSTRACT

The increase in anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) surgeries has led to a proportional rise in revision procedures. Canadian statistics estimate approximately 13 000 annual revisions, while in the United States, the reported incidence ranges from 4.1% to 13.3% of all ACLRs.

The success of a revision surgery depends on a systematic approach that identifies the cause of failure, such as rerupture or persistent instability, and allows for the planning of the definitive procedure. While most of these revisions are performed in a single stage, 8% to 9% require a two-stage approach. This decision depends on factors such as bone quality, tunnel size and position, previous fixation methods, and the presence of associated injuries.

The primary indication for a two-stage revision is osteolysis with tunnels larger than 14 mm or the risk of convergence between primary and revision tunnels. This article presents a narrative review analyzing the indications and surgical planning for two-stage ACL revision procedures.

Autor de correspondencia: Waldo González Duque, doctorwaldogonzalez@gmail.com

Recibido: 11/11/2024 Aceptado: 12/02/2025

DOI: <https://doi.org/10.63403/rev.32i1.371>

Cómo citar: Calvo Rodríguez R, González Duque W, Figueroa Poblete D, Calvo Mena R, Monge Berrios D, Yáñez Lagos C. Indicaciones y planificación de la revisión en dos tiempos de la cirugía del ligamento cruzado anterior: revisión narrativa. Relart 2025;35(1): 67-73.

In conclusion, there is limited and generally short-term evidence on the outcomes of ACL reconstruction in two-stage revisions. Although two-stage revisions are typically performed in more complex cases, the reported outcomes of these procedures have shown comparable clinical results.

Keywords: ACL Reconstruction; ACL Failure; ACL Revision; Two-Stage Surgery; Tunnel Dilatation

Level of Evidence: V. Expert opinion

INTRODUCCIÓN

La reconstrucción del ligamento cruzado anterior (RLCA) es una de las cirugías más comunes en medicina deportiva.¹ Cada año, el número de pacientes que requieren de esta intervención sigue en aumento. En los Estados Unidos se realizan más de 200 000 procedimientos anuales, de los cuales aproximadamente entre 120 000 y 150 000 requieren una reconstrucción.²⁻⁴

Si bien la RLCA es efectiva para restaurar la estabilidad articular, las tasas de re-rotura aumentan con el tiempo, alcanzando un 3 % a los dos años, 6 % a los cinco años y hasta 9 % a los ocho años después de la cirugía inicial.^{5,6} Este incremento en la incidencia de re-roturas ha llevado a un aumento paralelo en las cirugías de revisión, con aproximadamente 13000 casos anuales en Canadá⁷ y una incidencia estimada entre 4.1 y 13.3 % en Norteamérica.⁸

En las cirugías de revisión, el éxito depende de un enfoque sistemático que permita identificar la causa de la falla, ya sea por re-rotura o inestabilidad persistente, y planificar el procedimiento definitivo.⁹

Aunque la mayoría de las revisiones se llevan a cabo en un solo tiempo, un pequeño porcentaje (8-9%) requiere un abordaje en dos tiempos debido a factores anatómicos complejos, como osteólisis severa o convergencia de túneles.¹⁰

El objetivo de este trabajo es proporcionar una guía actualizada sobre las indicaciones y la planificación quirúrgica de las revisiones de RLCA en dos tiempos.

Se realizó una revisión narrativa de la literatura disponible relacionada con la cirugía de revisión de LCA en dos tiempos. La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos PubMed, Cochrane y Embase, utilizando palabras clave como “*failure ACL reconstruction*”, “*ACL revision*”, “*surgery in two-stage*” y “*osteolysis of tunnels*”. Se incluyeron estudios en inglés y en español con niveles de evidencia I-IV. Un único observador seleccionó y analizó los artículos pertinentes.

REVISIÓN EN UNO O EN DOS TIEMPOS, ¿CUÁNDO?

La decisión de realizar una revisión en uno o en dos tiempos toma en consideración la calidad del tejido óseo, la posición y amplitud de los túneles, el método de fijación previamente utilizado y la presencia de lesiones asociadas. La principal indicación para una revisión de dos tiempos es una osteólisis de los túneles que exceda los 14 mm¹¹⁻¹³ de diámetro (Fig. 1) y/o exista un riesgo de convergencia entre el túnel primario y el de revisión.

La osteólisis masiva, junto con un stock óseo deficiente y la convergencia o superposición de los nuevos túneles durante la revisión, requiere de un procedimiento de revisión en dos etapas. Este enfoque

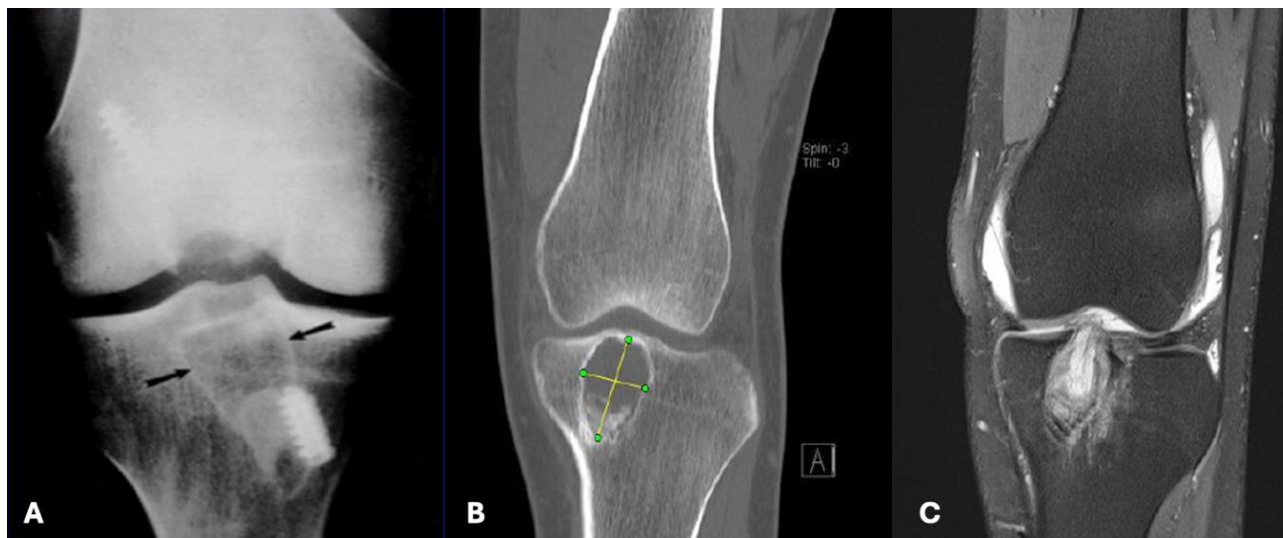


Figura 1. A) Radiografía anteroposterior que evidencia dilatación cavitaria del túnel tibial en la zona media tras RLCA con técnica transtibial. B) TAC de rodilla izquierda, corte coronal, evidencia osteólisis y dilatación del túnel tibial en paciente con RLCA fallida. C) RM proyección coronal T2 que evidencia injerto en túnel tibial con dilatación cavitaria.

garantiza un stock óseo adecuado para el posicionamiento anatómico del nuevo túnel.¹⁴⁻¹⁶

En cuanto al diámetro de los túneles, aquellos que en el estudio preoperatorio miden entre 13 y 15 mm (o más) presentan una alta probabilidad de convergencia con el nuevo túnel. Otro factor clave a considerar es el método de fijación previamente utilizado, ya que puede afectar tanto el posicionamiento del túnel de revisión como la fijación del nuevo injerto.¹⁷ En estos casos se recomienda un abordaje en dos tiempos quirúrgicos. En la primera etapa, se retiran los métodos de fijación de la cirugía primaria si interfieren con la futura fijación y se rellenan los defectos óseos.^{18,19} La reconstrucción del ligamento se deja para un segundo tiempo quirúrgico, lo que permite una mejor integración ósea y optimiza la estabilidad del nuevo injerto.²⁰

La reconstrucción en un solo tiempo es viable cuando la posición y el tamaño de los túneles óseos primarios o de los nuevos túneles permiten una fijación del nuevo injerto segura y anatómicamente adecuada. En algunos casos, incluso es posible mantener el túnel y el medio de fijación original si no interfieren con la ubicación ni con la calidad de fijación del nuevo injerto.

La revisión de la plastia del LCA conlleva un riesgo significativo de fallo, especialmente si no se logra un túnel anatómico adecuado o una fijación óptima del injerto. Este desafío es aún mayor en túneles dilatados, independientemente de si están bien o mal posicionados. La necesidad de obtener un tejido óseo apropiado para la creación del nuevo túnel es la base del enfoque quirúrgico en dos tiempos. Wright y cols. evidenciaron que la revisión de la RLCA presenta una tasa de fallo objetiva tres a cuatro veces mayor en comparación con la reconstrucción primaria, además de peores resultados funcionales.²¹

En general, la revisión en dos tiempos no es bien aceptada por el paciente por el hecho de involucrar dos cirugías, mayor tiempo limitado en su condición física y costo más elevado. Por esta razón, es fundamental una explicación clara sobre la indicación y ventajas de este tipo de cirugía, las limitaciones y cuidados que se deben tener presentes entre ambos procedimientos. El tiempo que se debe esperar entre la primera y la segunda etapa, manteniendo una rodilla eventualmente inestable, representa el peligro de una eventual lesión meniscal o condral.

Planificación preoperatoria para decidir una revisión en dos tiempos

Frente a un paciente con rotura de la plastia del LCA se deben solicitar radiografías con proyecciones posteroanterior (PA), lateral y axial de rótula para determinar la posición del túnel y del dispositivo y tipo de fijación (Fig. 2). También considerar la evaluación del alineamiento de ambas extremidades inferiores a través de una telerradiografía y radiografía en estrés en varo y valgo para valuar la estabilidad de los ligamentos laterales y esquinias medial y lateral.²²⁻²⁴

Dentro del estudio inicial se considera el uso de TAC y RM para poder caracterizar con mayor especificidad



Figura 2. A) Radiografía de rodilla PA y lateral de paciente con falla en la RLCA candidato a revisión en un tiempo, donde la orientación y osteólisis de los túneles no afectará la integración y fijación de nuestro nuevo injerto. B) Radiografías de rodilla PA y lateral que muestran la ubicación anterior del dispositivo de fijación y la verticalidad del túnel femoral, en paciente de treinta años con gran inestabilidad rotacional.

la orientación de los túneles, dilatación o eventual riesgo de confluencia de estos. La utilidad de estos dos estudios, o definir cuál es de mayor rendimiento en este punto específico, es motivo de controversia. Marchant y cols., en 2009, mostraron que la TAC era superior a la RM para determinar la dimensión de la dilatación.²⁵⁻²⁷ Sin embargo, Drews y cols., en 2017, publicaron un estudio comparativo entre RM y TAC para establecer confiabilidad en la medición del diámetro de los túneles óseos y casi todos los diámetros mostraron una confiabilidad intraobservador casi perfecta (ICC: 0.8-0.97). La confiabilidad interobservador indicó un ICC de 0.91 / 0.92, por tanto, concluyeron que las mediciones del túnel óseo se pueden realizar utilizando una secuencia RM T1 porque muestran la misma precisión que las tomografías computarizadas.²⁸ Además, la RM es útil para identificar lesiones asociadas como, por ejemplo, lesiones meniscales, condrales o ligamentarias; sin embargo, su eficacia puede reducirse en presencia de dispositivos metálicos al generar artefactos.

RESULTADOS DE LA CIRUGÍA DE REVISIÓN EN DOS TIEMPOS

Es lógico pensar que la cirugía de revisión en dos tiempos es más segura al recuperar stock óseo y permitir una ubicación adecuada de los túneles con una

buena fijación del injerto. La cirugía en un tiempo tiene la clara ventaja asociada al tiempo postoperatorio y costo de la cirugía, menor incomodidad y molestias para el paciente.²⁹⁻³¹

En un artículo de Thomas y cols. la tasa de recirugía de revisión (o segunda revisión de la plastia de LCA) en dos etapas fue del 3.1 % en comparación con el 6.8 % en las revisiones de una sola etapa, y el fracaso clínico se ha informado en el 5.1 % de los pacientes revisados en dos etapas en comparación con el 13.8 % de aquellos revisados en etapa única ($p < 0.05$).³²

Mathew y cols., en el 2018, realizaron una revisión sistemática para analizar y comparar los resultados reportados por los pacientes y la tasa de fracaso de la revisión de RLCA en una sola etapa versus dos etapas. Ellos concluyeron que las efectuadas en dos etapas demostraron resultados clínicos comparables y una menor tasa de segunda revisión y fracaso clínico en comparación con las de una sola etapa.³³

PRIMER TIEMPO QUIRÚRGICO

La dilatación del túnel dificulta la colocación de un nuevo injerto y su adecuada fijación, principalmente cuando son mayores a 14 mm. Para asegurar la incorporación del nuevo injerto, todo el tejido residual y el material extraño (por ejemplo, tornillos bioabsorbibles, restos de plastia) se deben retirar completamente y obtener paredes óseas limpias y libres.

Varios investigadores han descrito diferentes tipos de injertos: autoinjerto, aloinjerto e incluso sintéticos para rellenar los túneles primarios en el contexto de una revisión de RLCA.³⁴ Franceschi y cols. propusieron una técnica para rellenar túneles femorales utilizando injertos de la metáfisis tibial utilizando también un recolector de OATS para evitar la morbilidad de la cresta ilíaca.³⁵ Barret y cols., en 2007, plantearon la utilización de injerto óseo OsteoBiologics TruFit (OsteoBiologics, San Antonio, TX, EE. UU.), un injerto sintético con resultados controversiales por el aumento del proceso inflamatorio sinovial y mayor osteólisis posterior.³⁶

SEGUNDO TIEMPO QUIRÚRGICO Y ELECCIÓN DE INJERTOS

La reconstrucción realizada en la segunda etapa debe diferir de cuatro a seis meses desde la primera cirugía, hasta que se presente evidencia imagenológica de integración ósea. Para ello se recomienda realizar una TAC de control para evaluar la incorporación.

Al momento de elegir qué tipo de injerto utilizar, es importante tener en cuenta que varios estudios de RLCA muestran mayores tasas de fracaso cuando se empleó aloinjerto para pacientes jóvenes (<20 años) y de alta actividad.³⁷⁻³⁹ El grupo MARS plantea que en una revisión de LCA, los pacientes reconstruidos con el autoinjerto demostraron mejor función deportiva y resultado funcional informado por el paciente comparado con el uso de aloinjerto. Además, demostraron que el uso de un autoinjerto para la revisión dio como resultado 2.78 veces menos probabilidades de

sufrir una re-rotura del injerto dentro de los dos primeros años versus el uso de aloinjerto.⁴⁰

En la revisión realizada por Mathew y cols., al comparar los injertos, fijaciones femorales y tibiales dentro del grupo de revisión en un tiempo versus dos tiempos, informaron una gran variabilidad de injertos y fijaciones. A pesar de que las revisiones en dos tiempos suelen realizarse en casos más complejos, donde hay expansión de túneles, mala posición o fijación deficiente del injerto, los datos reportados han demostrado resultados clínicos comparables y una menor tasa de nueva revisión quirúrgica y fracaso clínico en comparación con las revisiones en un solo tiempo.³³

PENDIENTE TIBIAL POSTERIOR (PTP) O SLOPE

La PTP ha cobrado creciente importancia en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) ya que se ha identificado como un factor de riesgo para el fallo del injerto.⁴¹ Sin embargo, los datos sobre el valor crítico de la PTP siguen siendo inconsistentes. Se ha demostrado que una PTP superior a 10.1° aumenta once veces el riesgo de fallo del injerto del LCA, por lo que debe considerarse en la planificación quirúrgica.⁴²

Las osteotomías proximales de tibia con reducción de pendiente, realizadas de manera concomitante, o como una cirugía en un segundo tiempo junto con la reconstrucción del LCA, han demostrado mejorar los resultados clínicos reportados por los pacientes (PROs) y reducir las tasas de fallo de la RLCA. Estas osteotomías representan una opción terapéutica clave en pacientes con una PTP elevada, especialmente en aquellos con una RLCA fallida y un valor $\geq 12^\circ$, con el objetivo de minimizar el riesgo de una nueva falla en la reconstrucción. Por lo tanto, este valor podría considerarse en la toma de decisiones entre realizar uno versus dos tiempos.

NUESTRO ENFOQUE

Nuestra principal indicación para una revisión de dos etapas es cuando está presente una osteólisis de túnel que exceda los 14 mm y/o exista una convergencia entre el túnel primario y el nuevo; idealmente con autoinjerto para la nueva plastia y posición anatómica de los nuevos túneles.

En este punto, en nuestro centro preferimos usar la tomografía axial computarizada (TAC) porque permite una evaluación multiplanar de la arquitectura ósea del túnel femoral y tibial con una determinación precisa, tanto de la cantidad de osteólisis como de la posición del túnel, lo que nos ayuda a planificar la necesidad de un nuevo túnel y del uso, o no, de injerto óseo.

Nuestra recomendación es la utilización de aloinjerto, principalmente de cabeza femoral. Se deben obtener tarugos óseos de dimensiones variables según el túnel a rellenar y guiarlos con una aguja Kirschner para posicionarlos en su ubicación definitiva, así se evita la comorbilidad del sitio donante y las reacciones adversas de los sintéticos (Fig. 3).

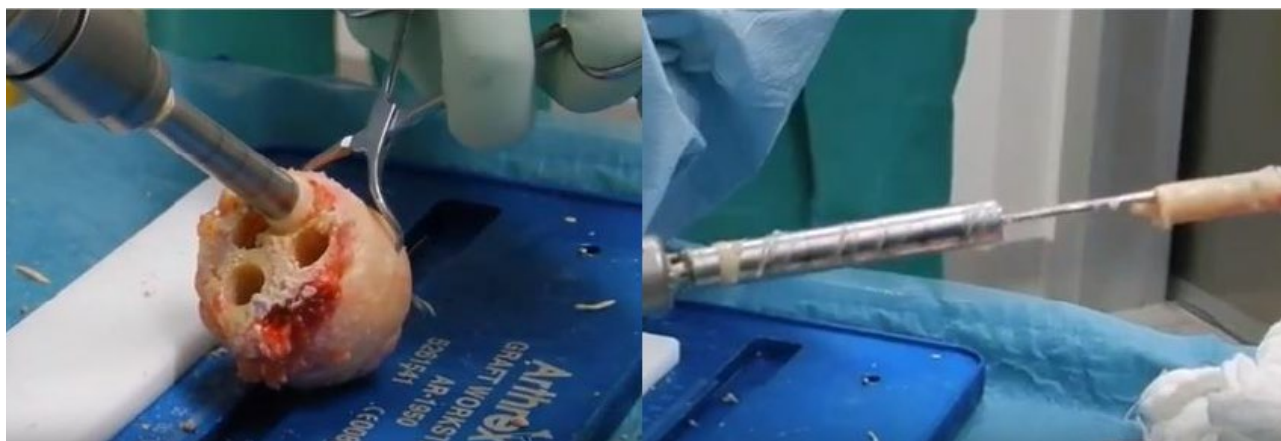


Figura 3. Cosecha de tarugos óseos de aloinjerto para relleno de túneles tibial, se apoyan en aguja Kirschner para posicionarlos en el sitio ideal del túnel a rellenar.

Idealmente, se debe realizar la revisión a los seis meses del primer tiempo, con autoinjerto en pacientes jóvenes y activos, utilizar isquiotibiales, H-T-H o tendón del cuádriceps según el injerto utilizado previamente; los aloinjertos son una buena indicación en pacientes mayores o menos activos, esto fundamentado en el porcentaje de re-roturas.

En resumen: revisiones en dos tiempos para túneles mayores a 14 mm o con riesgo de convergencia. Uso de aloinjerto de cabeza femoral para el relleno óseo. Intervalo de cuatro a seis meses entre las etapas, con control imagenológico mediante TAC. Injertos autólogos en pacientes jóvenes y activos.

CONCLUSIÓN

Existe evidencia limitada y en general de corto plazo sobre los resultados de la reconstrucción del LCA en revisiones de dos etapas. A pesar de que estas suelen realizarse en casos más complejos, los datos reportados de las revisiones en dos etapas mostraron resultados clínicos comparables y una menor tasa de cirugía de revisión repetida y de fallo clínico en comparación con las revisiones de una sola etapa. Sin embargo, se recomienda un enfoque en dos tiempos cuando una revisión de una sola etapa puede resultar de manera subóptima en una selección de injerto, posición de túnel, fijación de injerto o incorporación del tendón al hueso.

Contribuciones de autoría: todos los autores contribuyeron al diseño, análisis y elaboración de este manuscrito. Todos los autores leyeron y aprobaron la versión final enviada del manuscrito.

Conflictos de intereses: los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con este estudio.

Financiamiento: los autores declaran que no hubo financiamiento para la realización de este estudio.

REFERENCIAS

1. Gianotti SM, Marshall SW, Hume PA, Bunt L. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: a national population-based study. *J Sci Med Sport.* 2009 Nov;12(6):622-627. doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.jsams.2008.07.005>.
2. Brophy RH, Wright RW, Matava MJ. Cost analysis of converting from single-bundle to double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2009 Apr;37(4):683-687. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546508328121>.
3. Mall NA, Chalmers PN, Moric M, Tanaka MJ, Cole BJ, Bach BR Jr, Paletta GA Jr. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med.* 2014 Oct;42(10):2363-2370. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546514542796>.
4. Kim S, Bosque J, Meehan JP, Jamali A, Marder R. Increase in outpatient knee arthroscopy in the United States: a comparison of National Surveys of Ambulatory Surgery, 1996 and 2006. *J Bone Joint Surg Am.* 2011 Jun 1;93(11):994-1000. doi: <https://www.doi.org/10.2106/JBJS.I.01618>.
5. Wright RW, Dunn WR, Amendola A, Andrich JT, Bergfeld J, Kaeding CC, et al. Risk of tearing the intact anterior cruciate ligament in the contralateral knee and rupturing the anterior cruciate ligament graft during the first 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective MOON cohort study. *Am J Sports Med.* 2007 Jul;35(7):1131-1134. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546507301318>.
6. Salmon L, Russell V, Musgrove T, Pinczewski L, Refshauge K. Incidence and risk factors for graft rupture and contralateral rupture after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2005 Aug;21(8):948-957. doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.arthro.2005.04.110>.

7. Kim DH, Bae KC, Kim DW, Choi BC. Two-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Relat Res.* 2019 Sep 18;31(1):10. doi: <https://www.doi.org/10.1186/s43019-019-0010-6>.
8. Erickson BJ, Cvetanovich G, Waliullah K, Khair M, Smith P, Bach B Jr, et al. Two-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopedics.* 2016 May 1;39(3):e456-e464. doi: <https://www.doi.org/10.3928/01477447-20160324-01>.
9. Webster KE, Hewett TE. What is the evidence for and validity of return-to-sport testing after anterior cruciate ligament reconstruction surgery? a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2019 Jun;49(6):917-929. doi: <https://www.doi.org/10.1007/s40279-019-01093-x>.
10. MARS Group; Wright RW, Huston LJ, Spindler KP, Dunn WR, Haas AK, et al. Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort. *Am J Sports Med.* 2010 Oct;38(10):1979-1986. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546510378645>.
11. Gopinath V, Casanova FJ, Knapik DM, Mameri ES, Jackson GR, Khan ZA, et al. Consistent indications and good outcomes despite high variability in techniques for two-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Arthroscopy.* 2023 Sep;39(9):2098-2111. doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.arthro.2023.02.009>.
12. Mitchell JJ, Chahla J, Dean CS, Cinque M, Matheny LM, LaPrade RF. Outcomes after 1-stage versus 2-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2017 Jul;45(8):1790-1798. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546517698684>.
13. Pioger C, Saithna A, Rayes J, Haidar IM, Fradin T, Ngbilo C, et al. Influence of preoperative tunnel widening on the outcomes of a single stage-only approach to every revision anterior cruciate ligament reconstruction: an analysis of 409 consecutive patients from the SANTI Study Group. *Am J Sports Med.* 2021 May;49(6):1431-1440. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546521996389>.
14. Kamath GV, Redfern JC, Greis PE, Burks RT. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2011 Jan;39(1):199-217. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546510370929>.
15. Thomas NP, Kankate R, Wandless F, Pandit H. Revision anterior cruciate ligament reconstruction using a 2-stage technique with bone grafting of the tibial tunnel. *Am J Sports Med.* 2005 Nov;33(11):1701-1709. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546505276759>.
16. Oetgen ME, Smart LR, Medvecky MJ. A novel technique for arthroscopically assisted femoral bone tunnel grafting in two-stage ACL revision. *Orthopedics.* 2008 Jan;31(1):16-18. doi: <https://www.doi.org/10.3928/01477447-20080101-31>.
17. Uchida R, Shiozaki Y, Tanaka Y, Kita K, Amano H, Kanamoto T, et al. Relationship between bone plug position and morphological changes of tunnel aperture in anatomic rectangular tunnel ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019 Aug;27(8):2417-2425. doi: <https://www.doi.org/10.1007/s00167-018-5224-8>.
18. Noyes FR, Barber-Westin SD. Revision anterior cruciate surgery with use of bone-patellar tendon-bone autogenous grafts. *J Bone Joint Surg Am.* 2001 Aug;83(8):1131-1143. doi: <https://www.doi.org/10.2106/00004623-200108000-00001>.
19. Franceschi F, Papalia R, Di Martino A, Rizzello G, Allaire R, Denaro V. A new harvest site for bone graft in anterior cruciate ligament revision surgery. *Arthroscopy.* 2007 May;23(5):558.e1-e4. doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.arthro.2006.07.054>.
20. Kemler B, Coladonato C, Perez A, Erickson BJ, Tjoumakaris FP, Freedman KB. Considerations for revision anterior cruciate ligament reconstruction: a review of the current literature. *J Orthop.* 2024 May 11;56:57-62. doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.jor.2024.05.012>.
21. Wright RW, Gill CS, Chen L, Brophy RH, Matava MJ, Smith MV, et al. Outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012 Mar 21;94(6):531-536. doi: <https://www.doi.org/10.2106/JBJS.K.00733>.
22. Wilson TC, Kantaras A, Atay A, Johnson DL. Tunnel enlargement after anterior cruciate ligament surgery. *Am J Sports Med.* 2004 Mar;32(2):543-549. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546504263151>.
23. Sawant M, Narasimha Murty A, Ireland J. Valgus knee injuries: evaluation and documentation using a simple technique of stress radiography. *Knee.* 2004 Feb;11(1):25-28. doi: [https://www.doi.org/10.1016/S0968-0160\(03\)00009-7](https://www.doi.org/10.1016/S0968-0160(03)00009-7).
24. Dave LY, Leong OK, Karim SA, Chong CH. Tunnel enlargement 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a radiographic and functional evaluation. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2014 Feb;24(2):217-223. doi: <https://www.doi.org/10.1007/s00590-013-1175-4>.
25. Marchant MH Jr, Willimon SC, Vinson E, Pietrobon R, Garrett WE, Higgins LD. Comparison of plain radiography, computed tomography, and magnetic resonance imaging in the evaluation of bone tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 Aug;18(8):1059-1064. doi: <https://www.doi.org/10.1007/s00167-009-0952-4>.
26. Parkar AP, Adriaensen ME, Fischer-Bredenbeck C, Inderhaug E, Strand T, Assmus J, et al. Measurements of tunnel placements after anterior cruciate ligament reconstruction-- a comparison between CT, radiographs and MRI. *Knee.* 2015 Dec;22(6):574-579. doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.knee.2015.06.011>.
27. de Beus A, Koch JE, Hirschmann A, Hirschmann MT. How to evaluate bone tunnel widening after ACL reconstruction - a critical review. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2017 Sep 18;7(2):230-239.

28. Drews BH, Merz C, Huth J, Gulkin D, Guelke J, Gebhard F, et al. Magnetic resonance imaging in evaluation of tunnel diameters prior to revision ACL reconstruction: a comparison to computed tomography. *Skeletal Radiol.* 2017 Oct;46(10):1361-1366. doi: <https://www.doi.org/10.1007/s00256-017-2704-8>.
29. Mayr R, Rosenberger R, Agraharam D, Smekal V, El Attal R. Revision anterior cruciate ligament reconstruction: an update. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2012 Sep;132(9):1299-1313. doi: <https://www.doi.org/10.1007/s00402-012-1552-1>.
30. Miller MD, Kew ME, Quinn CA. Anterior cruciate ligament revision reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg.* 2021 Sep 1;29(17):723-731. doi: <https://www.doi.org/10.5435/JAAOS-D-21-00088>.
31. Horvath A, Senorski EH, Westin O, Karlsson J, Samuelsson K, Svantesson E. Outcome after anterior cruciate ligament revision. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2019 Jul 8;12(3):397-405. doi: <https://www.doi.org/10.1007/s12178-019-09571-5>.
32. Thomas NP, Kankate R, Wandless F, Pandit H. Revision anterior cruciate ligament reconstruction using a 2-stage technique with bone grafting of the tibial tunnel. *Am J Sports Med.* 2005 Nov;33(11):1701-1709. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546505276759>.
33. Mathew CJ, Palmer JE, Lambert BS, Harris JD, McCulloch PC. Single-stage versus two-stage revision anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J ISAKOS.* 2017;3(6):345-352. doi: <https://www.doi.org/10.1136/jisakos-2017-000192>.
34. Grassi A, Nitri M, Moulton SG, Marcheggiani Muccioli GM, Bondi A, Romagnoli M, et al. Does the type of graft affect the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction? a meta-analysis of 32 studies. *Bone Joint J.* 2017 Jun;99-B(6):714-723. doi: <https://www.doi.org/10.1302/0301-620X.99B6.BJJ-2016-0929.R2>.
35. Franceschi F, Papalia R, Del Buono A, Zampogna B, Diaz Balzani L, Maffulli N, et al. Two-stage procedure in anterior cruciate ligament revision surgery: a five-year follow-up prospective study. *Int Orthop.* 2013 Jul;37(7):1369-1374. doi: <https://www.doi.org/10.1007/s00264-013-1886-5>.
36. Barrett GR, Brown TD. Femoral tunnel defect filled with a synthetic dowel graft for a single-staged revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2007 Jul;23(7):796.e1-e4. doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.arthro.2006.10.025>.
37. Kaeding CC, Aros B, Pedroza A, Pifel E, Amendola A, Andrich JT, et al. Allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction: predictors of failure from a MOON prospective longitudinal cohort. *Sports Health.* 2011 Jan;3(1):73-81. doi: <https://www.doi.org/10.1177/1941738110386185>.
38. Getgood A. Hamstring autograft had better long-term survivorship than tibialis posterior tendon allograft for anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 2016 May 18;98(10):872. doi: <https://www.doi.org/10.2106/JBJS.16.00209>.
39. Marmura H, Getgood AMJ, Spindler KP, Kattan MW, Briskin I, Bryant DM. Validation of a risk calculator to personalize graft choice and reduce rupture rates for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2021 Jun;49(7):1777-1785. doi: <https://www.doi.org/10.1177/03635465211010798>.
40. MARS Group; MARS Group. Effect of graft choice on the outcome of revision anterior cruciate ligament reconstruction in the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort. *Am J Sports Med.* 2014 Oct;42(10):2301-2310. doi: <https://www.doi.org/10.1177/0363546514549005>.
41. Duerr R, Ormseth B, Adelstein J, Garrone A, DiBartola A, Kaeding C, et al. Elevated posterior tibial slope is associated with anterior cruciate ligament reconstruction failures: a systematic review and meta-analysis. *Arthroscopy.* 2023 May;39(5):1299-1309.e6. doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.arthro.2022.12.034>.
42. Dracic A, Zeravica D, Zovko I, Jäger M, Beck S. Cut-off value for the posterior tibial slope indicating the risk for retear of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2024 Dec 6. doi: <https://www.doi.org/10.1002/ksa.12552>.