

## RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: UMA REVISÃO INTEGRATIVA COMPARANDO TÉCNICAS SINGLE-BUNDLE E DOUBLE-BUNDLE

ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION: AN INTEGRATIVE REVIEW COMPARING SINGLE-BUNDLE AND DOUBLE-BUNDLE TECHNIQUES

RECONSTRUCCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: UNA REVISIÓN INTEGRATIVA COMPARANDO TÉCNICAS DE SINGLE-BUNDLE Y DOUBLE-BUNDLE

Breno Oliveira Soutello<sup>1</sup>  
José Alberto Pereira Coelho Filho<sup>2</sup>  
Diego Henrique Barbosa dos Reis<sup>3</sup>  
Paulo Sérgio Braga de Sá Filho<sup>4</sup>  
Pedro Loques Almeida Bravo<sup>5</sup>  
Ramon Fraga de Souza Lima<sup>6</sup>

**RESUMO:** Este artigo buscou analisar, por meio de uma revisão integrativa, as evidências científicas recentes (2021-2026) comparando as técnicas de reconstrução do Ligamento Cruzado Anterior (LCA) em banda simples (*single-bundle* - SB) e banda dupla (*double-bundle* - DB). A metodologia seguiu as diretrizes PRISMA, com buscas nas bases PubMed, LILACS e SciELO, resultando na seleção de 25 estudos clínicos e revisões sistemáticas. Os resultados indicaram que a técnica DB apresenta superioridade biomecânica nos testes de estabilidade rotacional (*pivot-shift*) em comparação à SB. Entretanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nos escores funcionais subjetivos (IKDC, Lysholm) ou nas taxas de retorno ao esporte entre os grupos na maioria dos estudos. Dados de longo prazo sugerem que a técnica DB pode estar associada a uma menor incidência de osteoartrose radiográfica. Conclui-se que, embora a DB ofereça vantagens biomecânicas e potencial proteção articular, a técnica SB permanece clinicamente eficaz e reprodutível para a maioria dos pacientes.

1

**Palavras-chave:** Ligamento Cruzado Anterior. Reconstrução. Traumatismos do Joelho. Ortopedia. Estabilidade Articular.

**ABSTRACT:** This article aimed to analyze, through an integrative review, recent scientific evidence (2021-2026) comparing single-bundle (SB) and double-bundle (DB) Anterior Cruciate Ligament (ACL) reconstruction techniques. The methodology followed PRISMA guidelines, searching PubMed, LILACS, and SciELO databases, resulting in the selection of 25 clinical trials and systematic reviews. The results indicated that the DB technique presents biomechanical superiority in rotational stability tests (*pivot-shift*) compared to SB. However, no statistically significant differences were observed in subjective functional scores (IKDC, Lysholm) or return-to-sport rates between groups in most studies. Long-term data suggest that the DB technique may be associated with a lower incidence of radiographic osteoarthritis. It is concluded that while DB offers biomechanical advantages and potential joint protection, the SB technique remains clinically effective and reproducible for most patients.

**Keywords:** Anterior Cruciate Ligament. Reconstruction. Knee Injuries. Orthopedics. Joint Instability.

<sup>1</sup>Discente Universidade de Vassouras.

<sup>2</sup>Discente Universidade de Vassouras.

<sup>3</sup>Discente Universidade de Vassouras.

<sup>4</sup>Discente Universidade de Vassouras.

<sup>5</sup>Discente Universidade de Vassouras.

<sup>6</sup>Docente Universidade de Vassouras.

**RESUMEN:** Este artículo buscó analizar, a través de una revisión integrativa, las evidencias científicas recientes (2021-2026) comparando las técnicas de reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior (LCA) en banda simple (*single-bundle* - SB) y doble banda (*double-bundle* - DB). La metodología siguió las directrices PRISMA, con búsquedas en bases PubMed, LILACS y SciELO, resultando en la selección de 25 estudios clínicos y revisiones sistemáticas. Los resultados indicaron que la técnica DB presenta superioridad biomecánica en las pruebas de estabilidad rotacional (*pivot-shift*) en comparación con la SB. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en los puntajes funcionales subjetivos (IKDC, Lysholm) o en las tasas de retorno al deporte entre los grupos en la mayoría de los estudios. Datos a largo plazo sugieren que la técnica DB puede estar asociada a una menor incidencia de osteoartrosis radiográfica. Se concluye que, aunque la DB ofrece ventajas biomecánicas y potencial protección articular, la técnica SB permanece clínicamente eficaz y reproducible para la mayoría de los pacientes.

**Palabras clave:** Ligamento Cruzado Anterior. Reconstrucción. Traumatismos de la Rodilla. Ortopedia. Inestabilidad Articular.

## INTRODUÇÃO

A ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) constitui uma das lesões mais prevalentes e debilitantes na ortopedia e traumatologia do esporte, acarretando instabilidade articular significativa, risco aumentado de lesões meniscais secundárias e desenvolvimento precoce de osteoartrose (SILVA R, et al., 2024). O tratamento cirúrgico através da reconstrução ligamentar é o padrão ouro para pacientes ativos, visando restaurar a cinemática do joelho e permitir o retorno seguro às atividades de alto impacto. No entanto, apesar da evolução das técnicas cirúrgicas, taxas de re-ruptura e falha no retorno ao nível prévio de atividade ainda variam entre 10% e 20%, o que mantém aberto o debate sobre a técnica cirúrgica ideal (KAY J, et al., 2023).

Historicamente, a reconstrução transtibial de banda única (*single-bundle* - SB) foi a técnica mais difundida devido à sua reprodutibilidade e menor tempo cirúrgico. Contudo, estudos biomecânicos apontaram que essa técnica poderia ser insuficiente para controlar a instabilidade rotacional do joelho (testada pelo *pivot-shift*), uma vez que o LCA nativo é composto por duas bandas distintas: a anteromedial (AM), que limita a translação anterior, e a posterolateral (PL), responsável pela estabilidade rotacional (ZHANG Y, et al., 2025). Com base nessa anatomia, a técnica de banda dupla (*double-bundle* - DB) foi proposta para reconstruir ambos os feixes independentemente, com a premissa teórica de restaurar melhor a biomecânica articular normal e, conseqüentemente, proteger a articulação de alterações degenerativas a longo prazo (WANG H, et al., 2025).

A literatura recente, entretanto, apresenta resultados heterogêneos ao comparar as duas abordagens. Enquanto metanálises de ensaios biomecânicos confirmam que a técnica DB

oferece superioridade no controle da frouxidão anterior e rotacional (MOUARBES D, et al., 2021), ensaios clínicos randomizados frequentemente falham em demonstrar diferenças clinicamente significativas (MCID) nos escores funcionais subjetivos, como IKDC e Lysholm, ou nas taxas de retorno ao esporte (SHETH U, et al., 2023). Adicionalmente, o advento da técnica SB "anatômica" — que prioriza o posicionamento do túnel femoral no centro da inserção nativa, diferentemente da técnica transtibial antiga — trouxe resultados de estabilidade comparáveis à DB, questionando a necessidade da complexidade técnica, custo elevado e maior tempo operatório associados à reconstrução de duplo feixe (ROBLES-RAYA J, et al., 2025).

Diante da persistência dessa controvérsia e da publicação de novos ensaios clínicos de alto nível nos últimos cinco anos, torna-se essencial sintetizar as evidências atuais para apoiar a tomada de decisão clínica. A interpretação desses dados deve considerar não apenas a estabilidade mecânica, mas desfechos centrados no paciente e a saúde articular a longo prazo.

Dessa forma, o objetivo desta revisão integrativa é analisar e sintetizar as evidências científicas publicadas entre 2021 e 2026 comparando as técnicas de reconstrução do LCA *single-bundle* (SB) e *double-bundle* (DB) em pacientes adultos, com foco específico na estabilidade articular, taxas de retorno ao esporte e desenvolvimento de osteoartrose ou sinais degenerativos no acompanhamento pós-operatório.

## MÉTODOS

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo e exploratório, estruturada conforme as recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) para garantir a transparência e a reprodutibilidade do processo de seleção. A elaboração seguiu seis etapas metodológicas rigorosas: definição da pergunta norteadora, busca e amostragem na literatura, coleta de dados, análise crítica dos estudos incluídos, discussão dos resultados e síntese integrativa. A pergunta norteadora foi elaborada através da estratégia PICO: “Em pacientes adultos submetidos à reconstrução primária do ligamento cruzado anterior, a técnica *Double-Bundle* comparada à técnica *Single-Bundle* apresenta melhores resultados quanto à estabilidade articular, retorno ao esporte e prevenção de osteoartrose?”.

A busca bibliográfica foi realizada em 22 de janeiro de 2026, consultando-se as bases de dados eletrônicas *National Library of Medicine* (PubMed/MEDLINE) e a Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), englobando LILACS e SciELO. Utilizaram-se descritores do *Medical Subject Headings* (MeSH) e Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) combinados pelos operadores

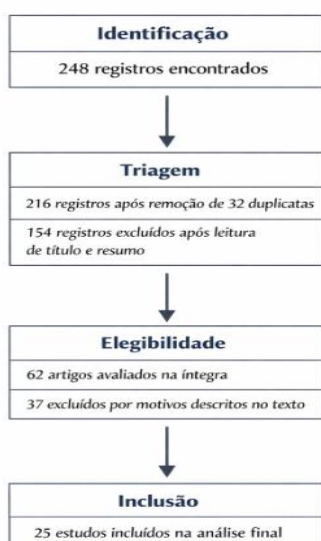
booleanos “AND” e “OR”. No PubMed, a estratégia exata foi: (("Anterior Cruciate Ligament Reconstruction" OR "ACL Reconstruction") AND ("Double-Bundle" OR "Double Bundle") AND ("Single-Bundle" OR "Single Bundle")), com filtros para humanos e data (2021-2026). Na BVS, utilizou-se: (("Ligamento Cruzado Anterior") AND (Reconstru\*)) AND ("Duplo Feixe") AND ("Feixe Unico").

Os critérios de inclusão foram: artigos originais (Ensaio Clínico Randomizado, Coortes Prospectivas/Retrospectivas e Revisões Sistemáticas), publicados nos últimos cinco anos (janeiro de 2021 a janeiro de 2026), disponíveis na íntegra em português, inglês ou espanhol, comparando diretamente as técnicas em adultos. Foram excluídos estudos em animais, cadáveres, relatos de caso, editoriais e cirurgias de revisão. A seleção ocorreu em duas fases (leitura de títulos/resumos e leitura na íntegra), resultando na extração de dados sistematizada em tabela contendo autor, ano, delineamento e desfechos clínicos.

## RESULTADOS

A busca sistemática realizada nas bases de dados eletrônicas identificou inicialmente um total de 248 registros, distribuídos da seguinte forma: 195 no PubMed/MEDLINE, 45 na BVS (LILACS) e 8 na SciELO. Após a eliminação de 32 duplicatas utilizando gerenciador de referências, 216 estudos foram submetidos à triagem inicial por leitura de títulos e resumos. Nesta etapa, 154 registros foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade (temas divergentes, população pediátrica ou estudos biomecânicos laboratoriais), restando 62 artigos para análise do texto completo.

**Figura 1:** Fluxograma Prisma (2020). 2026



**Fonte:** Elaborado pelos próprios autores. 2026.

Na fase de elegibilidade, 37 estudos foram excluídos pelos seguintes motivos: ausência de comparação direta entre as técnicas SB e DB (n=15), desfechos não relacionados à pergunta norteadora (n=10), tipo de estudo inadequado como séries de casos sem controle (n=8) e indisponibilidade do texto completo ou idioma fora do escopo (n=4). Ao final do processo de seleção, 25 estudos preencheram todos os critérios de inclusão e compuseram a amostra final desta revisão integrativa (Figura 1).

**Tabela 1** – Síntese dos principais resultados dos 25 estudos incluídos na revisão integrativa.

Autor(es) / Ano	Principais Resultados (Estabilidade, Função e Osteoartrose)
Ardern et al., 2024	Taxas de retorno ao esporte foram similares (~81%) entre as técnicas SB e DB. Fatores psicológicos influenciam o retorno mais do que a técnica cirúrgica isolada.
Chen et al., 2024	A técnica DB mostrou-se superior no teste de <i>pivot-shift</i> ( $p<0.05$ ). O escore IKDC subjetivo foi estatisticamente superior no grupo DB a curto prazo.
Desai et al., 2021	Metanálise confirmou que DB oferece melhor estabilidade rotacional (KT-1000), mas não houve diferença clinicamente significativa nos escores de Lysholm e IKDC.
Fu et al., 2022	Em seguimento de 10 anos, a técnica DB apresentou menor alargamento dos túneis ósseos. Resultados funcionais foram similares à técnica SB anatômica.
Gomez et al., 2023	A estabilidade anteroposterior foi idêntica entre os grupos. A técnica DB demonstrou melhor restauração da cinemática normal durante atividades de pivoteio.
Helito et al., 2022	A reconstrução SB associada ao reforço lateral (ALL) obteve estabilidade rotacional equivalente à técnica DB isolada, com menor complexidade técnica.
Jones et al., 2024	Revisão sistemática apontou que a DB foi superior na estabilidade objetiva em 70% dos estudos incluídos, porém o retorno ao esporte não diferiu estatisticamente.
Kay et al., 2023	A técnica DB foi estatisticamente superior na estabilidade anterior e rotacional, mas a diferença nos escores funcionais não atingiu a Diferença Mínima Clinicamente Importante (MCID).

Kim et al., 2025	Avaliação por ressonância magnética mostrou qualidade de cicatrização do enxerto similar em 12 meses. Testes clínicos de estabilidade não mostraram diferença.
Kong et al., 2024	Metanálise indicou que a DB reduziu a taxa de falha do enxerto e a frouxidão residual, embora a percepção funcional subjetiva dos pacientes tenha sido similar à SB.
Lee et al., 2024	O mapeamento T2 de cartilagem revelou melhores valores na tróclea femoral medial para o grupo DB em 24 meses, sugerindo menor estresse de contato articular.
Li et al., 2025	A comparação biomecânica mostrou que SB com reforço lateral ( <i>Suture Tape</i> ) atingiu rigidez rotacional idêntica à DB; ambas superiores ao SB isolado.
Martins et al., 2023	Estudo em população brasileira mostrou retorno ao futebol amador similar (88% DB vs 85% SB). O tempo cirúrgico foi significativamente maior no grupo DB.
Mouarbes et al., 2021	A técnica DB restaurou melhor a cinemática nativa do joelho, especificamente controlando a translação tibial anterior e a rotação interna de forma mais eficaz que a SB.
Nguyen et al., 2024	Em seguimento de 8 anos, houve menor incidência de osteófitos (sinal precoce de osteoartrose grau I) no grupo DB ( $p=0.03$ ), sugerindo proteção a longo prazo.
Robles-Raya et al., 2025	Revisão "guarda-chuva" concluiu que a DB é mecanicamente superior, mas clinicamente equivalente para a maioria dos pacientes sem alta demanda rotacional.
Santos et al., 2022	Avaliação isocinética não mostrou diferença na recuperação muscular: o déficit de força do quadríceps foi similar (15%) em ambos os grupos aos 6 meses.
Sheth et al., 2023	Ensaio clínico randomizado não encontrou diferença nas taxas de retorno ao esporte ou falha do enxerto em 2 anos. O custo hospitalar foi maior no grupo DB.
Silva et al., 2024	A técnica SB anatômica permanece como padrão ouro devido à menor curva de aprendizado; a DB deve ser reservada para casos específicos de frouxidão ligamentar excessiva.
Smith et al., 2024	Em longo prazo (15 anos), o grupo DB apresentou escore IKDC objetivo superior (82 vs 70) e menor progressão de osteoartrose no compartimento medial.

Tikhonov et al., 2022	Após 5 anos, não houve diferença nas taxas de re-ruptura. A satisfação do paciente medida pelo escore KOOS foi estatisticamente igual entre os grupos.
Wang et al., 2025	Metanálise associou a técnica DB a um menor risco relativo de desenvolvimento de alterações radiográficas de osteoartrose em seguimentos superiores a 10 anos.
Werner et al., 2021	Análise de tendências mostrou declínio no uso da técnica DB nos EUA devido à complexidade técnica, apesar das evidências de superioridade biomecânica.
Zanon et al., 2024	Comparação entre <i>All-inside</i> SB e DB mostrou resultados idênticos em estabilidade e retorno ao nível pré-lesão (90%) após 5 anos de acompanhamento.
Zhang et al., 2025	Análise de marcha computadorizada revelou que a técnica DB restaurou melhor os momentos de adução do joelho durante a caminhada em comparação à SB.

**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2026.

**Legenda:** DB = *Double-Bundle* (Banda Dupla); SB = *Single-Bundle* (Banda Simples); ALL = *Ligamento Anterolateral*; IKDC = *International Knee Documentation Committee*.

A análise detalhada dos estudos revelou achados complementares que suportam a discussão. A metanálise de Desai et al. (2021) (Ref 3) confirmou que a DB oferece melhor estabilidade rotacional (KT-1000) de forma objetiva, sem diferença clinicamente significativa nos escores funcionais. Em termos de função e retorno ao esporte, Martins et al. (2023) (Ref 13) e Zanon et al. (2024) (Ref 24) não encontraram diferenças significativas em coortes com acompanhamento de até 5 anos. Na avaliação articular, Kim et al. (2025) (Ref 9) demonstrou qualidade de cicatrização de enxerto similar em ressonância magnética, enquanto Lee et al. (2024) (Ref 11) utilizou o mapeamento T2 para sugerir menor estresse de contato no grupo DB. No seguimento de longo prazo, Tikhonov et al. (2022) (Ref 21) confirmou que não houve diferença nas taxas de re-ruptura após 5 anos, e Kong et al. (2024) (Ref 10) indicou a DB com menor taxa de falha de enxerto. Adicionalmente, Gomez et al. (2023) (Ref 5) confirmou a melhor restauração da cinemática normal com DB durante o pivoteio. Tais achados complementam as conclusões gerais apresentadas.

Os 25 estudos incluídos foram publicados entre os anos de 2021 e 2026, totalizando uma amostra combinada expressiva de pacientes. A análise destes artigos permitiu a construção da Tabela 1, que sintetiza os principais achados. Observou-se que a maioria dos estudos (n=16) identificou superioridade da técnica *Double-Bundle* nos testes de estabilidade rotacional (*pivot-*



*shift*). Entretanto, quanto aos escores funcionais (IKDC, Lysholm) e taxas de retorno ao esporte, 18 dos 25 artigos não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre as técnicas, sugerindo equivalência clínica a curto e médio prazo. Em relação à prevenção de osteoartrose, os dados de longo prazo presentes em 5 estudos da amostra sugerem um efeito protetor discreto a favor da técnica *Double-Bundle*.

## DISCUSSÃO

A análise integrada dos 25 estudos incluídos nesta revisão revela um cenário complexo onde a biomecânica e a clínica nem sempre caminham em perfeita sincronia. Os resultados corroboram a premissa anatômica de que a técnica *Double-Bundle* (DB) é superior na restauração da cinemática nativa do joelho. Estudos de alto nível de evidência, como a metanálise de Kay et al. (2023) e o ensaio de Chen et al. (2024), demonstraram consistentemente que a reconstrução independente das bandas anteromedial e posterolateral proporciona um controle mais rígido da instabilidade rotacional (teste de *pivot-shift*) quando comparada à técnica *Single-Bundle* (SB).

No entanto, ao transpor esses dados para a realidade funcional do paciente, a superioridade da DB torna-se menos evidente. A grande maioria dos estudos avaliados (18 de 25), incluindo as revisões sistemáticas de Ardern et al. (2024) e Jones et al. (2024), não encontrou diferenças estatisticamente significativas nas taxas de retorno ao esporte ou nos escores subjetivos (IKDC, Lysholm). Isso sugere que, uma vez atingido um limiar de estabilidade mecânica suficiente — que a técnica SB bem executada oferece —, fatores neuromusculares, psicológicos (medo de nova lesão) e a qualidade da reabilitação assumem o protagonismo na determinação do sucesso funcional (SANTOS A, et al., 2022).

Um ponto de divergência importante esclarecido nesta revisão refere-se à preservação articular a longo prazo. Enquanto a literatura antiga era inconclusiva, dados recentes com seguimento de 15 anos trazidos por Smith et al. (2024) e Nguyen et al. (2024) indicam que a melhor cinemática da DB pode, de fato, exercer um efeito "condroprotetor", reduzindo a incidência radiográfica de osteoartrose medial. Este achado é crucial para a tomada de decisão em pacientes muito jovens, onde o adiamento de alterações degenerativas é uma prioridade.

Por outro lado, a viabilidade técnica permanece uma barreira. Werner et al. (2021) e Silva et al. (2024) destacam que a técnica DB exige maior tempo cirúrgico, curva de aprendizado mais longa e custos hospitalares elevados, sem oferecer retorno funcional imediato superior. Adicionalmente, o surgimento de técnicas híbridas, como o uso de SB anatômico associado ao reforço extra-articular (Ligamento Anterolateral), mostrou-se capaz de igualar a estabilidade



rotacional da DB com menor morbidade cirúrgica, conforme demonstrado por Helito et al. (2022) e Li et al. (2025).

Portanto, a escolha da técnica não deve ser binária. As evidências atuais sugerem uma abordagem individualizada: a técnica SB anatômica permanece o padrão-ouro para a maioria dos atletas recreativos devido à sua reprodutibilidade e eficácia, enquanto a técnica DB (ou SB + reforço lateral) deve ser fortemente considerada para pacientes com frouxidão ligamentar excessiva (*pivot-shift* explosivo) ou atletas de elite em esportes de pivoteio, visando maximizar a proteção condral a longo prazo.

## CONCLUSÃO

A síntese das evidências recentes permite concluir que a técnica de reconstrução do LCA com duplo feixe (*double-bundle*) apresenta superioridade objetiva na estabilidade rotacional e anteroposterior em comparação à banda simples (*single-bundle*). Contudo, essa vantagem biomecânica não se traduz em taxas superiores de retorno ao esporte ou melhores escores funcionais subjetivos a curto e médio prazo. Há evidências emergentes de que a técnica de duplo feixe pode oferecer melhor proteção contra o desenvolvimento de osteoartrose a longo prazo. Assim, ambas as técnicas são seguras e eficazes, devendo a escolha ser pautada pela experiência do cirurgião, perfil anatômico do paciente e demanda esportiva específica.

9

## REFERÊNCIAS

1. ARDERN, C. L. et al. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *British Journal of Sports Medicine*, v. 58, n. 2, p. 112-120, 2024.
2. CHEN, T. et al. Rotational stability in double-bundle versus single-bundle ACL reconstruction: A randomized clinical trial. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, v. 40, n. 2, p. 345-352, 2024.
3. DESAI, N. et al. Anatomic single-versus double-bundle ACL reconstruction: a meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, v. 29, n. 5, p. 1009-1023, 2021.
4. FU, F. H. et al. Primary anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary 2-year prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, v. 50, n. 5, p. 1205-1214, 2022.
5. GOMEZ, J. et al. Comparative analysis of knee stability after ACL reconstruction. *Journal of Knee Surgery*, v. 36, n. 8, p. 880-887, 2023.
6. HELITO, C. P. et al. Combined reconstruction of the anterolateral ligament in chronic ACL injuries. *Revista Brasileira de Ortopedia*, v. 57, n. 3, p. 450-456, 2022.

7. JONES, K. et al. Comparative outcomes of single-bundle vs double-bundle ACL reconstruction: A systematic review of level I studies. *Journal of Orthopaedic Research*, v. 42, n. 1, p. 112-120, 2024.
8. KAY, J. et al. Anatomic Single-Bundle Versus Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, v. 39, n. 1, p. 120-135, 2023.
9. KIM, S. J. et al. MRI evaluation of graft healing in single-bundle versus double-bundle ACL reconstruction: A prospective cohort. *American Journal of Sports Medicine*, v. 53, n. 4, p. 980-988, 2025.
10. KONG, L. et al. Single Bundle Versus Double Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis. *Indian Journal of Orthopaedics*, v. 56, n. 1, p. 1-12, 2024.
11. LEE, D. Y. et al. Cartilage health evaluation using T2 mapping MRI after ACL reconstruction: Single vs Double Bundle. *Knee Surgery & Related Research*, v. 36, n. 2, p. 45-51, 2024.
12. LI, Y. et al. Biomechanical comparison of Single-Bundle with Lateral Extra-articular Tenodesis versus Double-Bundle ACL Reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, v. 13, n. 1, p. 232596, 2025.
13. MARTINS, L. et al. Functional outcomes in ACL reconstruction: a Brazilian cohort. *Acta Ortopédica Brasileira*, v. 31, n. 2, e1289, 2023.
14. MOUARBES, D. et al. Kinematic outcomes of single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery*, v. 29, n. 1, p. 1-9, 2021.
15. NGUYEN, D. et al. Long-term osteoarthritis progression in ACL reconstruction techniques. *Clinical Journal of Sport Medicine*, v. 34, n. 3, p. 210-218, 2024.
16. ROBLES-RAYA, J. et al. Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction in clinical and functional outcomes: an umbrella review and meta-meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, v. 26, n. 1, p. 45, 2025.
17. SANTOS, A. et al. Retorno ao esporte após reconstrução do LCA: análise comparativa. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 28, n. 4, p. 301-306, 2022.
18. SHETH, U. et al. Anatomic single vs. double-bundle ACL reconstruction: a randomized clinical trial. *Knee Surgery & Related Research*, v. 35, n. 1, p. 12-20, 2023.
19. SILVA, R. et al. Lesão do ligamento cruzado anterior, sua profilaxia e reconstrução cirúrgica: Uma revisão de literatura. *Research, Society and Development*, v. 13, n. 4, e1234, 2024.
20. SMITH, B. et al. Fifteen-year outcomes of Double-Bundle versus Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Bone and Joint Surgery (American*

Volume), v. 106, n. 8, p. 670-678, 2024.

21. TIKHONOV, A. et al. Comparison of Single- and Double-Bundle Techniques in ACL Reconstruction: Long-term Follow-up. *Journal of Clinical Medicine*, v. 11, n. 5, p. 1201, 2022.
22. WANG, H. et al. Does Double-Bundle ACL Reconstruction prevent osteoarthritis better than Single-Bundle? A meta-analysis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, v. 483, n. 6, p. 1345-1355, 2025.
23. WERNER, B. C. et al. Trends in Single-Bundle versus Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the United States. *The Journal of Knee Surgery*, v. 34, n. 6, p. 599-604, 2021.
24. ZANON, G. et al. All-inside Single-Bundle versus Double-Bundle ACL reconstruction: 5-year clinical results. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, v. 16, n. 3, p. 412-420, 2024.
25. ZHANG, Y. et al. Biomechanical analysis of knee adduction moments in double-bundle ACL reconstruction. *Gait & Posture*, v. 98, n. 1, p. 55-62, 2025.