RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

DIFERENÇAS ENTRE OS SEXOS NO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: DA ANATOMIA AO RETORNO AO ESPORTE

SEX DIFFERENCES IN THE ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT: FROM ANATOMY TO RETURN TO SPORT

DIFERENCIAS ENTRE LOS SEXOS EN EL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: DE LA ANATOMÍA AL RETORNO AL DEPORTE

Leonardo Moura de Freitas
Discente do Curso de Medicina, Centro Universitário Barão de Mauá, Brasil
E-mail: leomoura.freitas10@gmail.com

Caroline Oliveira Franco
Discente do Curso de Medicina, Centro Universitário Barão de Mauá, Brasil
E-mail: carolinefranco1213@gmail.com

Helena Jacomini
Discente do Curso de Medicina, Centro Universitário Barão de Mauá, Brasil
E-mail: helenajac123@gmail.com

André Cavichioli Brito
Doutor, Docente do Curso de Medicina, Centro Universitário Barão de Mauá, Brasil
E-mail: andre_cavichioli@yahoo.com.br

Resumo

O ligamento cruzado anterior (LCA) apresenta taxas de lesão significativamente maiores em mulheres do que em homens praticantes de esportes com mudança de direção e pivô, fenômeno atribuído a uma combinação ainda não totalmente elucidada de fatores anatômicos, fisiológicos, histológicos e sociocomportamentais. Esta revisão de literatura teve como objetivo sintetizar evidências científicas acerca das diferenças estruturais e funcionais do LCA entre os sexos, bem como seus reflexos na incidência de lesão e na recuperação pós-cirúrgica. Material e método: foram analisados oito estudos publicados entre 2024 e 2026, incluindo revisões sistemáticas, revisão de escopo, estudo cadavérico comparativo, análise transcriptômica de célula única, estudo prospectivo de coorte, revisão narrativa e editorial. Resultados e discussão: do ponto de vista anatômico, mulheres apresentam incisura intercondilar femoral menor, maior inclinação do platô tibial lateral e menor profundidade do platô tibial medial, características associadas a maior instabilidade rotacional do joelho e sobrecarga ligamentar. Estudo cadavérico identificou maior espessura medial do ligamento intermeniscal anterior no joelho direito de espécimes masculinos, embora a maioria das medidas não tenha diferido entre os sexos. No âmbito histológico e molecular, o sequenciamento de RNA de célula única revelou diferenças sexo-específicas na composição celular e na expressão gênica do LCA, oferecendo substrato biológico para a menor resistência mecânica do tecido feminino. Quanto aos aspectos fisiológicos e biomecânicos, metanálise de tarefas de mudança de direção demonstrou que mulheres exibem menor flexão do joelho no apoio e maior abdução do joelho no contato inicial, sem diferença nas cargas articulares, o que sugere a participação de fatores de treinamento e força não controlados.

CC BY

ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

Revisão de escopo confirmou que, em mulheres, a lesão se associa a padrões biomecânicos de risco, variações hormonais cíclicas e características anatômicas, enquanto em homens predominam fraqueza muscular e frouxidão articular. Após a reconstrução, mulheres apresentaram recuperação física e psicológica mais lenta e menor taxa de retorno ao esporte (41% versus 60% em 24 meses). Fatores sociodemográficos e de acesso à reabilitação somam-se às diferenças biológicas, e a literatura recente reforça a necessidade de distinguir sexo (biológico) de gênero (sociocomportamental). Conclusão: a maior incidência e a pior recuperação funcional da lesão do LCA em mulheres resultam da interação entre particularidades anatômicas ósseas, diferenças histológicas e moleculares do tecido ligamentar, padrões neuromusculares de movimento e determinantes sociais, de modo que estratégias de prevenção e reabilitação devem ser sexo-específicas e direcionadas, e não generalizadas.

Palavras-chave: Ligamento Cruzado Anterior; Fatores Sexuais; Anatomia; Histologia; Lesões do Joelho.

Abstract

Introduction: the anterior cruciate ligament (ACL) shows significantly higher injury rates in women than in men who play cutting and pivoting sports, a phenomenon attributed to a not yet fully elucidated combination of anatomical, physiological, histological and sociobehavioral factors. This literature review aimed to synthesize scientific evidence on structural and functional differences of the ACL between sexes and their impact on injury incidence and postoperative recovery. **Material and method:** eight studies published between 2024 and 2026 were analyzed, including systematic reviews, a scoping review, a comparative cadaveric study, a single-cell transcriptomic analysis, a prospective cohort study, a narrative review and an editorial. **Results and discussion:** anatomically, women have a smaller femoral intercondylar notch, a steeper lateral tibial slope and a shallower medial tibial plateau, features associated with greater rotational instability of the knee and ligament overload. A cadaveric study found greater medial thickness of the anterior intermeniscal ligament in right knees of male specimens, although most measurements did not differ between sexes. At the histological and molecular level, single-cell RNA sequencing revealed sex-specific differences in ACL cell composition and gene expression, providing a biological basis for the lower mechanical strength of female tissue. Biomechanically, a meta-analysis of change-of-direction tasks showed that women exhibit less knee flexion during stance and greater knee abduction at initial contact, with no difference in joint loads, suggesting a role for uncontrolled training and strength factors. A scoping review confirmed that in women injury is associated with high-risk biomechanical patterns, cyclical hormonal variations and anatomical features, whereas in men muscle weakness and joint laxity predominate. After reconstruction, women showed slower physical and psychological recovery and a lower return-to-sport rate (41% vs 60% at 24 months). Sociodemographic factors and access to rehabilitation add to biological differences, and recent literature emphasizes the need to distinguish sex (biological) from gender (sociobehavioral). **Conclusion:** the higher incidence and poorer functional recovery of ACL injury in women result from the interaction of bony anatomical features, histological and molecular differences in ligament tissue, neuromuscular movement patterns and social determinants; therefore, prevention and rehabilitation strategies should be sex-specific and targeted rather than generalized.

Keywords: Anterior Cruciate Ligament; Sex Factors; Anatomy; Histology; Knee Injuries.

Resumen

Introducción: el ligamento cruzado anterior (LCA) presenta tasas de lesión significativamente mayores en mujeres que en hombres que practican deportes con cambios de dirección y pivote, fenómeno atribuido a una combinación aún no totalmente esclarecida de factores anatómicos, fisiológicos, histológicos y socioconductuales. Esta revisión de la literatura tuvo como objetivo

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

sintetizar la evidencia científica sobre las diferencias estructurales y funcionales del LCA entre los sexos y sus repercusiones en la incidencia de lesiones y en la recuperación posquirúrgica. **Material y método:** se analizaron ocho estudios publicados entre 2024 y 2026, entre ellos revisiones sistemáticas, una revisión de alcance, un estudio cadavérico comparativo, un análisis transcriptómico de célula única, un estudio prospectivo de cohorte, una revisión narrativa y un editorial. **Resultados y discusión:** desde el punto de vista anatómico, las mujeres presentan una escotadura intercondílea femoral menor, mayor pendiente de la meseta tibial lateral y menor profundidad de la meseta tibial medial, características asociadas a mayor inestabilidad rotacional de la rodilla y sobrecarga ligamentaria. Un estudio cadavérico identificó mayor grosor medial del ligamento intermeniscal anterior en la rodilla derecha de especímenes masculinos, aunque la mayoría de las medidas no difirió entre sexos. En el ámbito histológico y molecular, la secuenciación de ARN de célula única reveló diferencias específicas de sexo en la composición celular y la expresión génica del LCA, lo que ofrece una base biológica para la menor resistencia mecánica del tejido femenino. Desde el punto de vista biomecánico, un metanálisis de tareas de cambio de dirección mostró que las mujeres presentan menor flexión de rodilla en el apoyo y mayor abducción de rodilla en el contacto inicial, sin diferencias en las cargas articulares, lo que sugiere la participación de factores de entrenamiento y fuerza no controlados. Una revisión de alcance confirmó que, en las mujeres, la lesión se asocia a patrones biomecánicos de riesgo, variaciones hormonales cíclicas y características anatómicas, mientras que en los hombres predominan la debilidad muscular y la laxitud articular. Tras la reconstrucción, las mujeres mostraron una recuperación física y psicológica más lenta y una menor tasa de retorno al deporte (41% frente a 60% a los 24 meses). Los factores sociodemográficos y el acceso a la rehabilitación se suman a las diferencias biológicas, y la literatura reciente refuerza la necesidad de distinguir sexo (biológico) y género (socioconductual). **Conclusión:** la mayor incidencia y la peor recuperación funcional de la lesión del LCA en mujeres resultan de la interacción entre particularidades anatómicas óseas, diferencias histológicas y moleculares del tejido ligamentario, patrones neuromusculares de movimiento y determinantes sociales, por lo que las estrategias de prevención y rehabilitación deben ser específicas por sexo y dirigidas, y no generalizadas.

Palabras clave: Ligamento Cruzado Anterior; Factores Sexuales; Anatomía; Histología; Traumatismos de la Rodilla.

1. Introdução

O ligamento cruzado anterior (LCA) é o principal estabilizador passivo do joelho contra a translação anterior da tíbia em relação ao fêmur e atua de forma relevante no controle da rotação interna e do valgo dinâmico. Situado no espaço intra-articular, estende-se da face medial do côndilo femoral lateral, na incisura intercondilar, até a área intercondilar anterior da tíbia, e é composto por dois feixes funcionais — anteromedial e posterolateral — que se tensionam de modo diferencial ao longo do arco de movimento. Do ponto de vista histológico, trata-se de tecido conjuntivo denso modelado, constituído predominantemente por

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

colágeno do tipo I organizado em fascículos, com fibroblastos dispostos entre as fibras, matriz extracelular rica em proteoglicanos e vascularização limitada, o que explica sua reduzida capacidade de cicatrização espontânea após a ruptura.

A lesão do LCA é uma das mais frequentes e incapacitantes do esporte, geralmente decorrente de mecanismo sem contato durante desaceleração, aterrissagem ou mudança brusca de direção com o joelho próximo da extensão, em valgo e rotação. Suas consequências incluem afastamento prolongado da prática esportiva, necessidade frequente de reconstrução cirúrgica, risco de lesões meniscais e condrais associadas e maior probabilidade de osteoartrite precoce. Metanálise de 58 estudos demonstrou que atletas do sexo feminino apresentam risco de lesão do LCA cerca de 1,5 vez maior e taxa de incidência aproximadamente 1,7 vez maior que atletas do sexo masculino (MONTALVO et al., 2019a), com diferenças ainda mais acentuadas em esportes de contato e em modalidades com aterrissagens de alto impacto, como a ginástica (MONTALVO et al., 2019b). Estimativas de revisões recentes situam essa razão entre duas e oito vezes, a depender da modalidade e do nível competitivo (WALKER et al., 2026).

Essa disparidade, conhecida há mais de três décadas, motivou extensa investigação sobre suas causas. Inicialmente, a ênfase recaiu sobre fatores anatômicos, como as dimensões da incisura intercondilar e a inclinação do platô tibial; em seguida, sobre fatores neuromusculares e biomecânicos, a partir da demonstração prospectiva de que o valgo dinâmico e o momento abdutor do joelho durante a aterrissagem predizem a lesão em atletas mulheres (HEWETT et al., 2005); e sobre fatores hormonais, em razão da presença de receptores de estrógeno, progesterona e relaxina no tecido ligamentar e das variações de frouxidão ao longo do ciclo menstrual (HERZBERG et al., 2017). Mais recentemente, ferramentas de biologia molecular passaram a permitir a análise do LCA em nível celular, ao mesmo tempo em que pesquisadores das ciências sociais do esporte chamaram a atenção para o papel do gênero — entendido como

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

construção social — na exposição, no treinamento e no acesso ao tratamento (PARSONS; COEN; BEKKER, 2021).

Apesar do volume de publicações, a persistência da diferença entre os sexos indica que nenhum fator isolado explica o fenômeno e que as estratégias preventivas e reabilitadoras ainda não incorporam plenamente essa complexidade. Diante disso, o presente estudo teve como objetivo sintetizar as evidências científicas publicadas entre 2024 e 2026 acerca das diferenças anatômicas, fisiológicas, biomecânicas e histológicas do LCA entre homens e mulheres, bem como seus reflexos na incidência da lesão e na recuperação após a reconstrução cirúrgica.

2. Metodologia

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, de caráter descritivo e qualitativo. A busca foi realizada nas bases PubMed/MEDLINE, PubMed Central (PMC) e SciELO, com consulta complementar ao Google Acadêmico, utilizando combinações dos descritores “anterior cruciate ligament”, “ACL injury”, “sex differences”, “sex factors”, “gender”, “anatomy”, “histology”, “biomechanics”, “female athletes” e “return to sport”, articulados pelos operadores booleanos AND e OR. As buscas foram concluídas em setembro de 2026.

Foram adotados como critérios de inclusão: (i) artigos publicados entre janeiro de 2024 e setembro de 2026; (ii) redigidos em inglês, português ou espanhol; (iii) disponíveis em texto completo; e (iv) que abordassem diferenças entre os sexos em pelo menos uma das dimensões de interesse — anatomia, histologia e biologia molecular, fisiologia e biomecânica, fatores de risco, recuperação pós-operatória ou determinantes sociais — relacionadas ao LCA. Foram excluídos relatos de caso, resumos de congresso, estudos exclusivamente em animais e publicações que não apresentassem análise ou discussão comparativa entre os sexos.

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

A seleção foi realizada em duas etapas — leitura de títulos e resumos e, em seguida, leitura integral dos textos elegíveis —, resultando em um *corpus* de oito estudos com delineamentos complementares: duas revisões sistemáticas (uma com metanálise), uma revisão de escopo, um estudo cadavérico comparativo, uma análise transcriptômica de célula única, um estudo prospectivo de coorte, uma revisão narrativa e um editorial. De cada estudo foram extraídos: autoria, ano, periódico, delineamento, população, dimensão investigada e principais achados. Os resultados foram organizados em categorias temáticas e discutidos à luz de estudos clássicos e de revisões de referência, utilizados como referencial de contextualização e não incluídos no *corpus* analisado. Por se tratar de revisão de dados secundários de domínio público, o estudo dispensou apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa.

3. Resultados e Discussão

Os oito estudos incluídos abrangem diferentes níveis de análise, do tecido ao contexto social. Suas características e principais achados estão sintetizados no Quadro 1, e a discussão a seguir está organizada em seis eixos: anatomia óssea e estruturas acessórias; histologia e biologia molecular; fisiologia, biomecânica e fatores hormonais; fatores de risco segundo o sexo; recuperação após a reconstrução; e determinantes sociais e de gênero.

Quadro 1 — Características e principais achados dos estudos incluídos na revisão

Autor (ano)	Delineamento	População / dimensão	Principais achados
Quiroga e Perugino (2025)	Revisão sistemática (PubMed, a partir de 2005)	Atletas; anatomia óssea	Mulheres apresentam incisura intercondilar femoral menor, maior inclinação do platô tibial lateral e menor profundidade do platô tibial medial, fatores associados a maior risco de ruptura do LCA.

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

Autor (ano)	Delineamento	População / dimensão	Principais achados
Tchekryguin et al. (2025)	Estudo cadavérico comparativo	112 joelhos (proporção 1:1 entre os sexos; idade média de 77 anos); ligamento intermeniscal anterior	Comprimento semelhante entre os sexos (≈ 34–35 mm). Única diferença significativa: maior espessura medial no joelho direito masculino (1,46 vs. 1,19 mm; p = 0,04). Distância ao LCA sem diferença entre os sexos.
Garcia et al. (2026)	Sequenciamento de RNA de célula única	Tecido de LCA humano; histologia e biologia molecular	Diferenças sexo-específicas na composição celular e no perfil de expressão gênica do LCA, incluindo subpopulações de fibroblastos e vias relacionadas à matriz extracelular e ao colágeno.
Donelon et al. (2024)	Revisão sistemática e metanálise	17 estudos; 451 participantes (227 homens; 224 mulheres); tarefas de mudança de direção	Mulheres: menor flexão de joelho no apoio (DMP 0,37), maior abdução do joelho no contato inicial (DMP 0,69), menor rotação interna do quadril (DMP 0,44) e diferença na abdução do quadril; sem diferença nas cargas articulares do joelho.
Rodríguez-Molina et al. (2026)	Revisão de escopo (PRISMA-ScR)	19 estudos com atletas (10 só com mulheres, 2 só com homens, 7 com ambos)	Mulheres: fatores biomecânicos/neuromusculares, hormonais e anatômicos. Homens: características estruturais, fraqueza muscular e frouxidão articular. Diferenças podem refletir, em parte, o foco das pesquisas.
Kneebone et al. (2025)	Coorte prospectiva	104 pacientes (49 mulheres; 55 homens) após reconstrução com enxerto de isquiotibiais; seguimento de 24 meses	Mulheres com menores escores de IKDC e ACL-RSI e menores índices de simetria de força de extensores e flexores do joelho; retorno a esportes de pivô em 24 meses de 41% vs. 60% nos homens (p = 0,030).
Walker et al. (2026)	Revisão narrativa	Sexo, raça/etnia e determinantes sociais	Mulheres têm de 2 a 8 vezes mais lesões, 23–25% menos chance de retorno ao esporte e recuperação mais lenta do quadríceps; minorias e populações vulneráveis sofrem atrasos cirúrgicos e menor acesso à reabilitação.
Królikowska et al. (2026)	Editorial	Prevenção; sexo versus gênero	Defende a distinção entre fatores biológicos (sexo) e sociocomportamentais (gênero) no desenho de programas preventivos orientados por propósito.

Fonte: elaborado pelos autores (2026). DMP: diferença média padronizada; IKDC: International Knee Documentation Committee; ACL-RSI: ACL – Return to Sport after Injury scale.

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

3.1 Anatomia óssea e estruturas acessórias

A revisão sistemática de Quiroga e Perugino (2025) identificou três características anatômicas que diferenciam o joelho feminino e se associam a maior risco de ruptura do LCA: incisura intercondilar femoral de menores dimensões, maior inclinação posterior do platô tibial lateral e menor profundidade do platô tibial medial. Cada uma delas atua por mecanismo próprio. A incisura estreita relaciona-se a um LCA de menor área de secção transversal — e, portanto, de menor capacidade de suportar carga — e a maior possibilidade de impacto do ligamento contra a parede lateral da incisura durante a rotação e o valgo. A maior inclinação do platô lateral favorece, sob carga axial compressiva, o deslizamento anterior e a rotação interna da tíbia, aumentando a tensão no ligamento. Já o platô medial mais raso oferece menor contenção óssea, contribuindo para a instabilidade rotacional.

Esses achados convergem com a revisão de escopo de Rodríguez-Molina et al. (2026), que também apontou a maior inclinação tibial lateral — incluindo a inclinação da cartilagem — e a menor largura anterior da incisura como fatores de risco em mulheres. Do ponto de vista prático, trata-se de características não modificáveis, mas mensuráveis por radiografia e ressonância magnética, o que lhes confere potencial para a estratificação de risco e para o planejamento cirúrgico. A inclinação tibial elevada, em particular, tem sido associada à falha do enxerto após a reconstrução, e a osteotomia de correção da inclinação passou a ser considerada em casos de revisão.

Para além da anatomia óssea, o estudo cadavérico de Tchekryguin et al. (2025) investigou o ligamento intermeniscal anterior (LIA), estrutura que conecta os cornos anteriores dos meniscos e se situa em íntima relação com a inserção tibial do LCA. Em 112 joelhos, o LIA esteve presente com comprimento semelhante entre os sexos, e a única diferença estatisticamente significativa foi a maior espessura de sua porção medial no joelho direito de espécimes masculinos (1,46

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

mm versus 1,19 mm; p = 0,04). As demais medidas, inclusive a distância entre o LIA e o LCA, não diferiram entre homens e mulheres. Esse resultado deve ser interpretado com cautela: a amostra era de idosos (idade média de 77 anos), parte dos espécimes havia sido previamente dissecada e o próprio estudo reconhece poder estatístico limitado. Ainda assim, ele ilustra que as diferenças entre os sexos não se restringem ao LCA e podem envolver estruturas acessórias com potencial influência na biomecânica do compartimento anterior e como referência anatômica no posicionamento do túnel tibial durante a reconstrução.

3.2 Histologia e biologia molecular do ligamento

Por muito tempo, as diferenças entre os sexos no próprio tecido ligamentar foram estudadas por métodos macroscópicos ou mecânicos. Ensaios de tração em LCA de cadáveres demonstraram que o ligamento feminino, além de menor em comprimento e área de secção transversal, apresenta menor módulo de elasticidade e menor tensão e deformação na falha, mesmo após ajuste para o tamanho corporal (CHANDRASHEKAR et al., 2006). Esses dados indicavam que a diferença não era apenas de dimensão, mas de qualidade material do tecido — o que remete à sua composição celular e à organização da matriz extracelular.

O estudo de Garcia et al. (2026) avançou nessa direção ao empregar o sequenciamento de RNA de célula única (scRNA-seq), técnica que permite identificar populações celulares e seus perfis de expressão gênica com resolução individual. A análise revelou diferenças sexo-específicas na composição celular e na expressão gênica do LCA, incluindo variação na proporção de subpopulações de fibroblastos e em vias associadas ao metabolismo do colágeno e da matriz extracelular. Considerando que os fibroblastos são responsáveis pela síntese e pela renovação das fibras colágenas, diferenças em sua composição e atividade fornecem um substrato biológico plausível para a menor resistência mecânica intrínseca observada no tecido feminino.

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

Esse achado dialoga com a literatura sobre a influência hormonal no ligamento. A presença de receptores de estrógeno, progesterona e relaxina em fibroblastos do LCA está documentada, e estudo celular citado na revisão de Rodríguez-Molina et al. (2026) mostrou que a relaxina aumentou a expressão de metaloproteinases de matriz e reduziu a síntese de colágeno em células do LCA feminino. Em conjunto, essas evidências sugerem que o ligamento feminino pode apresentar maior suscetibilidade ao remodelamento catabólico da matriz em determinadas condições hormonais. É importante ressaltar, contudo, que estudos transcriptômicos utilizam amostras pequenas, frequentemente obtidas de ligamentos já lesionados durante a cirurgia, e que a tradução desses perfis moleculares em risco clínico ainda precisa ser demonstrada.

3.3 Fisiologia, biomecânica e fatores hormonais

A metanálise de Donelon et al. (2024) reuniu 17 estudos e 451 participantes saudáveis (227 homens e 224 mulheres) avaliados por análise tridimensional do movimento durante tarefas de mudança de direção com ângulo superior a 20°, situação típica dos mecanismos de lesão sem contato. As mulheres apresentaram menor pico de flexão do joelho na fase de apoio (diferença média padronizada — DMP — de 0,37; IC95% 0,10–0,65), maior abdução do joelho no contato inicial (DMP 0,69; IC95% 0,30–1,08), menor rotação interna do quadril (DMP 0,44) e diferenças na abdução do quadril no contato inicial. Joelho mais estendido e em valgo no momento do apoio corresponde exatamente ao padrão visual descrito nos vídeos de lesões sem contato e ao padrão que, em estudo prospectivo clássico, predisse a ruptura do LCA em atletas mulheres: as atletas que se lesionaram apresentavam, na aterrissagem, ângulo de abdução do joelho 8° maior e momento abdutor 2,5 vezes maior que as não lesionadas (HEWETT et al., 2005).

Um achado relevante e por vezes subestimado da metanálise é que não houve diferença significativa nas cargas articulares do joelho entre os sexos. Os

CC BY

ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

autores destacam que nenhum dos estudos incluídos controlou a força muscular, o histórico de treinamento resistido ou o treinamento de habilidades motoras, de modo que parte das diferenças cinemáticas atribuídas ao sexo pode, na verdade, refletir diferenças de condicionamento e de exposição ao treinamento (DONELON et al., 2024). Essa interpretação é coerente com a hipótese de que fatores tradicionalmente considerados intrínsecos — como a força e o controle neuromuscular — são moldados por influências extrínsecas, inclusive de gênero (PARSONS; COEN; BEKKER, 2021), e reforça que esses padrões são, em grande medida, modificáveis por programas de treinamento neuromuscular.

No plano fisiológico, os hormônios sexuais constituem a variável mais característica do sexo feminino. Metanálise de 21 estudos sobre ciclo menstrual e LCA indicou que a frouxidão ligamentar é significativamente maior na fase ovulatória do que na fase folicular e que, em mulheres que não usam contraceptivos hormonais, a fase lútea foi a menos associada às lesões; os estudos de maior qualidade sugeriram, ainda, possível efeito protetor dos contraceptivos hormonais. Os próprios autores, contudo, classificaram a força global dessa evidência como baixa (HERZBERG et al., 2017). Assim, embora as variações hormonais cíclicas figurem entre os fatores de risco femininos (RODRÍGUEZ-MOLINA et al., 2026), ainda não há base suficiente para recomendações individualizadas de treinamento ou de restrição esportiva conforme a fase do ciclo.

3.4 Fatores de risco segundo o sexo

A revisão de escopo de Rodríguez-Molina et al. (2026), que incluiu 19 estudos com atletas, sistematizou os fatores de risco por sexo. Em mulheres, predominaram fatores biomecânicos e neuromusculares — maior ângulo de abdução e momento adutor do joelho na aterrissagem, maior rotação interna do quadril e valgo dinâmico —, seguidos de fatores hormonais e anatômicos, como a

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

maior inclinação tibial lateral e a menor largura da incisura. Em homens, os principais fatores foram características estruturais do ligamento, fraqueza muscular — sobretudo dos isquiotibiais — e frouxidão articular, além de idade mais avançada e maior extensão passiva do joelho.

Essa revisão traz, porém, uma advertência metodológica importante: dez dos estudos incluídos avaliaram apenas mulheres e somente dois avaliaram apenas homens. Os autores alertam que as diferenças aparentes entre os sexos podem refletir, em boa parte, diferenças no foco das pesquisas, e não necessariamente distinções biológicas reais (RODRÍGUEZ-MOLINA et al., 2026). Em outras palavras, o que se sabe sobre fatores de risco femininos é amplo porque foi intensamente investigado, enquanto o conhecimento sobre homens é escasso. Essa assimetria deve ser considerada na interpretação da literatura e na formulação de programas preventivos, que não podem pressupor que os homens estejam isentos dos fatores biomecânicos de risco, nem que todas as mulheres os apresentem.

3.5 Recuperação após a reconstrução do LCA

As diferenças entre os sexos estendem-se ao período pós-operatório. No estudo prospectivo de Kneebone et al. (2025), 104 pacientes submetidos à reconstrução do LCA com enxerto de isquiotibiais foram acompanhados por 24 meses. As mulheres apresentaram escores significativamente menores no questionário de função do joelho IKDC ($p = 0,007$) e na escala de prontidão psicológica ACL-RSI ($p = 0,002$), além de menores índices de simetria de força dos extensores do joelho aos 6 e 24 meses e dos flexores aos 6 e 12 meses. Não houve diferença nos testes de salto. Ao final de dois anos, 41% das mulheres haviam retornado a esportes de pivô, contra 60% dos homens ($p = 0,030$).

Esses resultados são corroborados pela revisão de Walker et al. (2026), segundo a qual mulheres têm chance de 23 a 25% menor de retornar ao esporte

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

após a reconstrução — redução que chega a 32% entre pacientes com menos de 19 anos —, recuperam a força do quadríceps mais lentamente, com déficits clinicamente relevantes até pelo menos 24 meses, e apresentam piores escores de qualidade de vida no seguimento de médio prazo. Em contrapartida, as taxas de falha do enxerto e de lesão contralateral não parecem diferir de forma consistente entre os sexos, o que indica que a diferença reside mais na recuperação funcional e psicológica do que no resultado cirúrgico propriamente dito.

O componente psicológico merece destaque. O medo de nova lesão e a baixa confiança no joelho, medidos pela ACL-RSI, são preditores reconhecidos do não retorno ao esporte, e a menor pontuação feminina sugere que programas de reabilitação devem incorporar avaliação e intervenção psicológica sistemáticas. Paralelamente, o déficit de força do quadríceps — mais pronunciado e persistente nas mulheres — reforça a necessidade de critérios objetivos de força, e não apenas de tempo, para a liberação ao esporte.

3.6 Determinantes sociais, sexo e gênero

A revisão de Walker et al. (2026) ampliou a análise para além da biologia, ao demonstrar que raça, etnia e condições socioeconômicas influenciam o acesso e os desfechos do tratamento. Pacientes negros e hispânicos apresentaram chance 1,5 a 2 vezes maior de atraso cirúrgico, mesmo após ajuste por seguro saúde e renda, e pacientes de bairros mais vulneráveis tiveram mais que o dobro do risco de reconstrução tardia, com maior frequência de lesões meniscais irreparáveis, menos sessões de fisioterapia e piores escores de função física. No próprio esporte de elite, observou-se maior intervalo entre lesão e cirurgia em mulheres do que em homens no futebol profissional, o que aponta para diferenças estruturais de acesso também ligadas ao gênero.

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

Nesse contexto, o editorial de Królikowska et al. (2026) reforça a necessidade de distinguir, no desenho de programas de prevenção, os fatores biológicos (sexo) dos fatores sociocomportamentais (gênero). Essa distinção dialoga com a proposta de Parsons, Coen e Bekker (2021), que descrevem o gênero como um ambiente de desenvolvimento que atravessa as fases pré-esportiva, de treinamento, de competição e de tratamento: meninas e mulheres tendem a iniciar o treinamento de força mais tarde, a ter menor acesso a preparação física especializada, a competir em condições estruturais inferiores — como gramados, calçados e calendários menos adequados — e a receber atendimento médico menos especializado. Sob essa perspectiva, parte do que se atribui ao sexo pode ser, na realidade, produto de ambientes esportivos desiguais e, portanto, modificável.

A integração dessas dimensões tem implicações diretas para a prevenção. Programas de treinamento neuromuscular que enfatizam aterrissagem com flexão adequada do joelho, controle do valgo dinâmico e fortalecimento de quadril e isquiotibiais reduzem a incidência de lesões, especialmente em mulheres, mas sua efetividade depende de adesão, de introdução precoce — ainda na adolescência — e de condições de implementação. Estratégias sexo-específicas, portanto, devem considerar tanto as particularidades anatômicas e biomecânicas femininas quanto as barreiras de gênero que limitam o acesso ao treinamento qualificado e à reabilitação adequada, sem negligenciar a população masculina, cujos fatores de risco permanecem pouco estudados.

3.7 Limitações

Esta revisão apresenta limitações. Por seu caráter narrativo, não seguiu protocolo sistemático registrado nem incluiu avaliação formal da qualidade metodológica dos estudos. O *corpus* é heterogêneo quanto a delineamento, população e desfechos, o que impede síntese quantitativa. Alguns estudos têm

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

amostras pequenas ou populações específicas — cadáveres de idosos, no estudo anatômico, e pacientes submetidos a um único tipo de enxerto, no estudo de recuperação —, o que limita a generalização dos achados. Por fim, a literatura disponível concentra-se em atletas de países de alta renda, com escassez de dados sobre populações latino-americanas e brasileiras.

4. Considerações Finais

As evidências reunidas indicam que a maior incidência de lesão do LCA em mulheres e sua recuperação funcional mais lenta não decorrem de um fator isolado, mas da interação entre múltiplos níveis. No plano anatômico, a incisura intercondilar menor, a maior inclinação do platô tibial lateral e a menor profundidade do platô medial predispõem a instabilidade rotacional e sobrecarga ligamentar. No plano histológico e molecular, diferenças na composição celular e na expressão gênica do ligamento, possivelmente moduladas por hormônios sexuais, oferecem substrato para a menor resistência mecânica do tecido feminino. No plano biomecânico, padrões de movimento com menor flexão e maior abdução do joelho reproduzem o mecanismo típico da lesão, embora possam refletir, em parte, diferenças de força e de treinamento. No plano social, determinantes de gênero e de acesso influenciam a exposição ao risco e os resultados da reabilitação.

Dessa compreensão decorre que a prevenção e a reabilitação devem ser sexo-específicas e direcionadas, e não generalizadas. Para as mulheres, isso implica triagem de fatores anatômicos e biomecânicos, treinamento neuromuscular precoce e contínuo, critérios objetivos de força para o retorno ao esporte e atenção sistemática à prontidão psicológica. Para os homens, implica reconhecer a escassez de evidências e investigar seus fatores de risco com o mesmo rigor. Pesquisas futuras devem adotar desenhos comparativos com amostras equilibradas entre os sexos, distinguir explicitamente sexo e gênero, controlar

CC BY

ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

variáveis de treinamento e força, aprofundar a investigação histológica e molecular do ligamento íntegro e incluir populações diversas, inclusive brasileiras.

Referências

CHANDRASHEKAR, N. et al. Sex-based differences in the tensile properties of the human anterior cruciate ligament. **Journal of Biomechanics**, v. 39, n. 16, p. 2943-2950, 2006.

DONELON, T. A. et al. Differences in biomechanical determinants of ACL injury risk in change of direction tasks between males and females: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine – Open**, v. 10, art. 29, 2024. DOI: 10.1186/s40798-024-00701-z. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1186/s40798-024-00701-z. Acesso em: 17 set. 2026.

GARCIA, S. M. et al. Sex-based differences in cell types and gene expression within the anterior cruciate ligament. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, v. 108, 2026. DOI: 10.2106/JBJS.25.00860. Disponível em: https://doi.org/10.2106/JBJS.25.00860. Acesso em: 17 set. 2026.

HERZBERG, S. D. et al. The effect of menstrual cycle and contraceptives on ACL injuries and laxity: a systematic review and meta-analysis. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 5, n. 7, 2325967117718781, 2017. DOI: 10.1177/2325967117718781.

HEWETT, T. E. et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. **The American Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 4, p. 492-501, 2005. DOI: 10.1177/0363546504269591.

KNEEBONE, L. et al. Sex-based differences in physical and psychological recovery, and return to sport, following anterior cruciate ligament reconstruction. **The Knee**, v. 52, p. 22-31, 2025. DOI: 10.1016/j.knee.2024.10.013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.knee.2024.10.013. Acesso em: 17 set. 2026.

KRÓLIKOWSKA, A. et al. Sex differences and gender factors in anterior cruciate ligament injury prevention: a call for purpose-driven strategies. **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 34, 2026. DOI: 10.1002/ksa.70257. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ksa.70257. Acesso em: 17 set. 2026.

CC BY

RSV
ISSN 2674-8584

Received: 07/10/2026 - **Accepted:** 30/10/2026
Vol: 08.10
DOI: 10.66104/yd499d33
Pages: 1-17

MONTALVO, A. M. et al. What's my risk of sustaining an ACL injury while playing sports? A systematic review with meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, v. 53, n. 16, p. 1003-1012, 2019a.

MONTALVO, A. M. et al. Anterior cruciate ligament injury risk in sport: a systematic review and meta-analysis of injury incidence by sex and sport classification. **Journal of Athletic Training**, v. 54, n. 5, p. 472-482, 2019b. DOI: 10.4085/1062-6050-407-16.

PARSONS, J. L.; COEN, S. E.; BEKKER, S. Anterior cruciate ligament injury: towards a gendered environmental approach. **British Journal of Sports Medicine**, v. 55, n. 17, p. 984-990, 2021.

QUIROGA, A.; PERUGINO, M. Anatomical differences as a risk factor for anterior cruciate ligament rupture in female athletes: systematic review. **Rehabilitation and Sports Medicine**, v. 5, art. 41, 2025. DOI: 10.56294/ri202541. Acesso em: 17 set. 2026.

RODRÍGUEZ-MOLINA, P. A. et al. Risk factors associated with anterior cruciate ligament injuries in athletes during physical activity according to sex: a scoping review. **Sports**, v. 14, n. 6, art. 243, 2026. DOI: 10.3390/sports14060243. Disponível em: https://doi.org/10.3390/sports14060243. Acesso em: 17 set. 2026.

TCHEKRYGUIN, N. A. et al. The anterior intermeniscal ligament: a comparative study of morphology in male and female cadavers. **Cureus**, v. 17, n. 5, e84021, 2025. DOI: 10.7759/cureus.84021. Disponível em: https://doi.org/10.7759/cureus.84021. Acesso em: 17 set. 2026.

WALKER, P. B. et al. Disparities in ACL injury and management: the impact of sex, race, and social determinants of health. **Current Reviews in Musculoskeletal Medicine**, v. 19, n. 1, art. 25, 2026. DOI: 10.1007/s12178-026-10021-2. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s12178-026-10021-2. Acesso em: 17 set. 2026.

CC BY