www.revistaft.com.br

RevistaFT | ISSN 1678-0817 | v.30, n. 163, 2026 | DOI: 10.69849/hknvv331

Fases do ciclo menstrual e fatores biomecânicos associados ao risco de lesão do LCA em atletas de esportes coletivos

Menstrual cycle phases and biomechanical factors associated with ACL injury risk in female team-sport athletes

Ana Clara Machado Barboza[1]

Gabrielly Mel Pinto Soares da Silva[2]

Maria Cecilia dos Santos Pinheiro[3]

Myllena Fonseca Tavora de Melo[4]

Gabriela Rezende Yanagihara[5]

[1] Estudante do curso de bacharelado em Fisioterapia do Centro Universitário IBMR. Instituto Brasileiro de Medicina de Reabilitação- RJ- Rio de Janeiro – Brasil. ORCID: https://orcid.org/0009-0004-0762-6791

[2] Estudante do curso de bacharelado em Fisioterapia do Centro Universitário IBMR. Instituto Brasileiro de Medicina de Reabilitação- RJ- Rio de Janeiro – Brasil. ORCID: https://orcid.org/0009-0007-3682-7981

[3] Estudante do curso de bacharelado em Fisioterapia do Centro Universitário IBMR. Instituto Brasileiro de Medicina de Reabilitação- RJ- Rio de Janeiro – Brasil. ORCID: https://orcid.org/0009-0001-1793-5772

[4] Estudante do curso de bacharelado em Fisioterapia do Centro Universitário IBMR. Instituto Brasileiro de Medicina de Reabilitação- RJ- Rio de Janeiro – Brasil. ORCID: https://orcid.org/0009-0002-2168-6403

[5] Docente do curso de Fisioterapia do Centro Universitário IBMR. Instituto Brasileiro de Medicina de Reabilitação- RJ- Rio de Janeiro – Brasil. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7377-1330

Resumo: A ruptura do ligamento cruzado anterior representa uma lesão musculoesquelética de grande relevância no contexto esportivo, especialmente em modalidades coletivas que envolvem saltos, desacelerações e mudanças rápidas de direção. A literatura aponta diferenças entre os sexos na incidência dessa lesão, embora sua ocorrência seja multifatorial. O presente estudo teve como objetivo analisar e sintetizar as evidências científicas sobre a influência das fases do ciclo menstrual e do uso de contraceptivos hormonais em variáveis biomecânicas do membro inferior, no equilíbrio muscular entre isquiotibiais e quadríceps e em fatores associados ao risco de lesão do LCA em atletas de modalidades coletivas olímpicas, especificamente futebol, handebol, basquetebol e voleibol. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, orientada pelas recomendações PRISMA e estruturada segundo o acrônimo PECO. Foram consultadas as bases de dados PubMed/MEDLINE, PEDro, BVS/LILACS e Cochrane Library, considerando publicações entre 2016 e 2026. Dos 849 registros identificados, 17 artigos foram avaliados na íntegra e 13 estudos primários foram incluídos na síntese qualitativa. Os resultados indicaram possíveis variações nas características neuromusculares e biomecânicas ao longo do ciclo menstrual, incluindo alterações na razão isquiotibiais/quadríceps (razão I:Q) e em parâmetros cinemáticos do joelho durante tarefas esportivas. Alguns estudos também investigaram associações entre marcadores hormonais, frouxidão articular e o uso de contraceptivos hormonais, embora a consistência e a magnitude dessas relações dependam das características metodológicas e dos desfechos avaliados. Conclui-se que as flutuações hormonais podem estar relacionadas a variações em determinados fatores biomecânicos e neuromusculares, mas as evidências devem ser interpretadas com cautela quanto à sua contribuição efetiva para a ocorrência de lesões do LCA. Nesse contexto, a fisioterapia preventiva deve priorizar estratégias individualizadas de treinamento neuromuscular, fortalecimento muscular, controle dos movimentos e monitoramento da resposta às demandas esportivas.

Palavras-chave: Ligamento Cruzado Anterior; Ciclo Menstrual; Biomecânica; Atletas; Fisioterapia Esportiva.

Abstract: Anterior cruciate ligament injury is a musculoskeletal condition of considerable relevance in sports, particularly in team sports involving jumping, deceleration, and rapid changes of direction. The literature indicates sex-related differences in ACL injury incidence, although its occurrence is multifactorial. This study aimed to analyze and synthesize the scientific evidence regarding the influence of menstrual cycle phases and hormonal contraceptive use on lower limb biomechanical variables, the hamstring-to-quadriceps ratio, and factors associated with ACL injury risk in athletes participating in Olympic team sports, specifically soccer, handball, basketball, and volleyball. An integrative literature review was conducted in accordance with PRISMA recommendations and structured according to the PECO framework. The PubMed/MEDLINE, PEDro, Virtual Health Library (VHL/LILACS), and Cochrane Library databases were searched for studies published between 2016 and 2026. Of the 849 records identified, 17 articles were assessed in full text, and 13 primary studies were included in the qualitative synthesis. The findings indicated potential variations in neuromuscular and

biomechanical characteristics across the menstrual cycle, including changes in the hamstring-to-quadriceps ratio (H ratio) and knee kinematic parameters during sports-related tasks. Some studies also investigated associations between hormonal markers, joint laxity, and hormonal contraceptive use. However, the consistency and magnitude of these associations varied according to the methodological characteristics of the studies and the outcomes assessed. In conclusion, hormonal fluctuations may be associated with variations in certain biomechanical and neuromuscular factors. Nevertheless, the available evidence should be interpreted cautiously when considering their contribution to ACL injury occurrence. In this context, preventive physiotherapy should prioritize individualized neuromuscular training, muscle strengthening, movement control, and monitoring of athletes' responses to sport-specific demands.

Keywords: Anterior Cruciate Ligament; Menstrual Cycle; Biomechanics; Athletes; Sports Physical Therapy.

1. INTRODUÇÃO

A ruptura do ligamento cruzado anterior (LCA) apresenta grande importância no cenário esportivo, principalmente por comprometer a estabilidade do joelho e, em muitos casos, exigir um longo período de afastamento das atividades esportivas. Dependendo da gravidade da lesão e das características da atleta, pode haver indicação de reconstrução cirúrgica, seguida de um processo prolongado de reabilitação. Em modalidades que envolvem desacelerações rápidas, saltos e mudanças de direção (*cutting*), atletas do sexo feminino chegam a apresentar taxas de lesão de duas a oito vezes superiores às observadas em homens em modalidades comparáveis. Essa diferença não pode ser explicada apenas por características anatômicas, como a inclinação do platô tibial ou a largura da fossa intercondilar, motivando a investigação de múltiplos fatores que englobam a cinemática do membro inferior, o controle neuromuscular, as oscilações hormonais ao longo do ciclo menstrual e os possíveis efeitos do uso de contraceptivos hormonais (GRAY; GUGALA; BAILLARGEON, 2016; NOSE-OGURA et al., 2017; DEFRODA et al., 2019)

Além dos fatores mecânicos, estudos têm investigado a possível participação dos hormônios sexuais na função ligamentar. O LCA apresenta receptores para estrogênio, progesterona e relaxina, o que sugere que as variações hormonais possam influenciar o metabolismo do colágeno e algumas propriedades do tecido ligamentar. A relaxina, em particular, tem sido relacionada ao aumento da frouxidão ligamentar e a alterações na estabilidade do joelho. No entanto, os resultados disponíveis ainda não permitem estabelecer uma relação causal entre as concentrações hormonais e a ocorrência de lesões do LCA. Da mesma forma, embora os contraceptivos hormonais possam modificar as oscilações dos hormônios endógenos ao longo do ciclo, ainda não há evidências suficientes para afirmar que seu

uso reduz efetivamente o risco de lesões do LCA em atletas (NOSE-OGURA et al., 2017; GILMER; ROBERTS; OLIVER, 2020).

Outro aspecto importante está relacionado à capacidade muscular de estabilizar o joelho durante os movimentos esportivos. Nesse contexto, a relação entre o torque dos isquiotibiais e o do quadríceps, representada pela razão isquiotibiais/quadríceps (razão I:Q), tem sido utilizada como um dos parâmetros para avaliar a relação de capacidade muscular entre esses grupos. Os isquiotibiais contribuem para limitar a translação anterior da tíbia, enquanto a ação do quadríceps pode aumentar essa translação, principalmente em determinados ângulos de flexão do joelho. Alguns estudos que utilizaram a avaliação por dinamometria isocinética encontraram variações na razão I:Q ao longo das fases do ciclo menstrual. Em determinadas condições de avaliação, foram observados valores inferiores na fase folicular em comparação com outras fases, principalmente no membro não dominante. Também foram descritas alterações na capacidade excêntrica dos isquiotibiais, o que pode ter implicações para a desaceleração durante determinados gestos esportivos (ANDRADE et al., 2017; POURNASIRI et al., 2023; QUIGLEY; GREIG, 2025).

As alterações relacionadas ao ciclo menstrual também têm sido investigadas por meio da análise do movimento. O valgo dinâmico do joelho é considerado um dos fatores mecânicos associados ao aumento da sobrecarga sobre o LCA, especialmente durante movimentos como aterrissagens e mudanças rápidas de direção. Em tarefas de *cutting* a 90°, um estudo identificou diferenças no alinhamento do membro inferior entre as fases do ciclo, com menor ângulo de valgo durante a fase lútea média quando comparada às fases folicular tardia e ovulatória. Entretanto, essas alterações não apresentam uma relação simples com a concentração isolada de determinado hormônio. Esses resultados sugerem que a resposta observada durante o movimento pode resultar da interação entre diferentes fatores, incluindo controle neuromuscular, força muscular e características individuais da atleta (GILMER; ROBERTS; OLIVER, 2020; BINGZHENG et al., 2023; JOHNSON; SHIELDS, 2024).

Apesar dos achados descritos, ainda existem diferenças importantes entre os estudos quanto à avaliação das fases do ciclo menstrual, aos métodos utilizados para avaliar a função muscular e a cinemática e às tarefas esportivas analisadas. Essas diferenças dificultam a definição de uma única fase do ciclo como período de maior risco para lesões do LCA. Dessa forma, a análise conjunta dessas variáveis é importante para compreender de maneira mais ampla a relação entre o ciclo menstrual e a biomecânica da atleta. Diante da heterogeneidade dos métodos de avaliação, justifica-se uma síntese das evidências sobre essas variáveis em atletas de futebol, handebol, basquetebol e voleibol. Para a fisioterapia esportiva, essa discussão pode subsidiar a investigação de estratégias de prevenção e acompanhamento individualizado, sem considerar as alterações hormonais como um único determinante do risco de lesão (ANDRADE et al., 2017; BINGZHENG et al., 2023; POURNASIRI et al., 2023; QUIGLEY; GREIG, 2025).

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo analisar e sintetizar as evidências científicas sobre a relação entre as fases do ciclo menstrual e o uso de contraceptivos hormonais com variáveis biomecânicas, musculares e neuromusculares associadas ao risco de lesão do

ligamento cruzado anterior em atletas do sexo feminino praticantes de futebol, handebol, basquetebol e voleibol.

2. METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, conduzida a partir de etapas metodológicas previamente definidas e apresentada de acordo com as recomendações do protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*).

A pergunta norteadora e os critérios de elegibilidade foram estruturados segundo o acrônimo PECO (*População, Exposição, Comparador e Desfechos/Outcomes*).

2.1 Estruturação da Pergunta de Pesquisa – PECO

População (P): Atletas do sexo feminino, adultas e fisicamente ativas, participantes de esportes coletivos olímpicos em nível universitário, amador competitivo ou de elite/profissional. Foram incluídas atletas das modalidades futebol, handebol, basquetebol e voleibol. Foram consideradas tanto atletas com ciclos menstruais naturais e regulares (eumenorreicas) quanto usuárias de contraceptivos hormonais.

Exposição (E): Variações hormonais fisiológicas ao longo das diferentes fases do ciclo menstrual natural — incluindo período menstrual/fase folicular precoce, fase periovulatória e fase lútea média —, bem como as alterações hormonais decorrentes do uso de contraceptivos hormonais (orais ou combinados).

Comparador (C): Comparações intraindividuais entre as diferentes fases do ciclo menstrual e/ou comparações interindividuais entre grupos submetidos a diferentes condições hormonais (atletas com ciclo natural versus usuárias de contraceptivos hormonais). Quando presentes nos estudos, consideraram-se também comparações com grupos controle masculinos para verificar a especificidade da variação hormonal cíclica.

Desfechos (O): Foram considerados parâmetros biomecânicos, neuromusculares, de capacidade muscular e de estabilidade articular do joelho potencialmente associados aos mecanismos mecânicos de sobrecarga sobre o LCA, estruturados em quatro domínios principais:

1. Desempenho muscular e dinamometria: pico de torque dos músculos flexores e extensores do joelho; razão isquiotibiais/quadríceps (I:Q), incluindo as razões convencional concêntrica e funcional excêntrica dos isquiotibiais/concêntrica do quadríceps (eccH:conQ); amplitude funcional excêntrica (*functional range*); e outros índices de força estática e dinâmica obtidos por dinamometria isocinética ou isométrica;

2. Cinemática e movimento do membro inferior: alterações no alinhamento e movimento do joelho, incluindo valgo dinâmico, amplitude de flexão do joelho, deslocamentos articulares e momentos de força durante tarefas esportivas, como aterrissagens, saltos e mudanças de direção (*cutting*).
3. Controle neuromuscular e desempenho motor: padrões de recrutamento muscular, ativação eletromiográfica de quadríceps, isquiotibiais e estabilizadores de tronco/quadril, além de respostas posturais em testes funcionais (agachamento unipodal sob perturbação e tarefas de equilíbrio);
4. Estabilidade articular e marcadores hormonais: frouxidão articular anterior da tíbia (medida por artrometria ou exames clínicos), concentrações séricas ou salivares de estrogênio, progesterona e relaxina-2, além de desfechos epidemiológicos relacionados à ocorrência de rupturas primárias do LCA ou falha de enxerto após reconstrução cirúrgica.

2.2 Estratégia de busca e fontes de informação

A busca bibliográfica foi realizada por meio de levantamento eletrônico nas bases PubMed/MEDLINE, Physiotherapy Evidence Database (PEDro), Biblioteca Virtual em Saúde (BVS/LILACS) e Cochrane Library, selecionadas por sua abrangência e relevância nas áreas de fisioterapia, ciências do esporte, ortopedia e reabilitação esportiva.

As estratégias de busca combinaram descritores controlados (MeSH e DeCS) e termos livres em inglês e português, articulados pelos operadores booleanos AND e OR. O objetivo foi ampliar a sensibilidade da busca sem perder a especificidade em relação à população e aos desfechos do estudo. A estratégia matriz adotada foi: ("menstrual cycle" OR "sex hormones" OR "estrogen" OR "progesterone" OR "relaxin" OR "oral contraceptives") AND ("anterior cruciate ligament" OR "ACL" OR "knee biomechanics" OR "knee kinematics" OR "dynamic knee valgus" OR "hamstring-to-quadriceps ratio") AND ("female athletes" OR "women athletes" OR "female soccer players" OR "soccer" OR "football" OR "handball" OR "basketball" OR "volleyball" OR "team sports")

A estratégia foi adaptada às especificidades de cada base de dados, considerando suas ferramentas de indexação e sintaxes de pesquisa. Foram consideradas publicações disponíveis entre janeiro de 2016 e abril de 2026, nos idiomas português e inglês. Esse período foi definido para contemplar evidências recentes sobre alterações hormonais, biomecânicas e neuromusculares em atletas do sexo feminino.

2. 3 Critérios de elegibilidade

2.3.1 Critérios de inclusão

Foram incluídos estudos que atenderam aos seguintes critérios:

1. Estudos primários de desenho observacional (transversais, coortes e caso-controle) e estudos experimentais/laboratoriais que investigassem a relação entre as variações

hormonais e os parâmetros biomecânicos, musculares ou neuromusculares do membro inferior;

2. Estudos que avaliassem pelo menos um parâmetro biomecânico, neuromuscular, muscular ou de estabilidade do joelho relacionado aos mecanismos associados ao risco de lesão do LCA;

3. Descrição objetiva dos métodos de determinação e confirmação das fases do ciclo menstrual (calendário menstrual, dosagem sérica/salivar de estrogênio e progesterona, testes de ovulação por detecção de LH ou monitoramento de temperatura basal);

4. Estudos epidemiológicos que avaliaram a incidência ou o risco de ruptura do LCA associados ao perfil hormonal ou ao uso de contraceptivos hormonais em atletas das modalidades esportivas delimitadas nesta revisão, desde que apresentassem resultados compatíveis com a população e os desfechos estabelecidos;

5. Artigos publicados no período de 2016 a 2026, nos idiomas inglês ou português, com texto completo disponível para leitura e extração de dados.

2.3.2 Critérios de exclusão

Foram excluídos do estudo os registros que apresentaram:

1. Estudos de intervenção longitudinal nos quais o principal objetivo fosse avaliar os efeitos de programas de treinamento físico ou neuromuscular, sem permitir a análise específica da influência das fases do ciclo menstrual sobre os desfechos de interesse;

2. Pesquisas limitadas exclusivamente à escores observacionais de erro ou escalas subjetivas de movimento, sem mensuração cinemática, cinética, artrométrica ou dinamométrica instrumentalizada da articulação do joelho e do LCA;

3. Investigações realizadas com amostras não atletas (população sedentária) ou pacientes com patologias musculoesqueléticas sintomáticas prévias recrutadas em ambiente clínico/ortopédico que alterassem o padrão biomecânico natural;

4. Estudos conduzidos exclusivamente com população masculina ou amostras mistas sem dados estratificados por sexo;

5. Estudos secundários (revisões sistemáticas, narrativas, integrativas ou de escopo), resumos de anais de eventos científicos, cartas ao editor, capítulos de livros, monografias, dissertações e teses;

6. Estudos sem acesso ao texto completo ou que não apresentassem informações suficientes para avaliação de sua elegibilidade.

2.4 Seleção dos estudos e extração dos dados

A seleção dos estudos seguiu as etapas descritas no fluxograma PRISMA. Após a busca nas bases de dados e a remoção das duplicatas, as pesquisadoras realizaram, de forma independente, a triagem dos títulos e resumos.

Na etapa seguinte, 17 artigos foram lidos na íntegra para avaliação de elegibilidade com base no acrônimo PECO. Desses, 4 estudos foram excluídos pelos seguintes motivos:

1. Delineamento de intervenção longitudinal voltado ao treinamento neuromuscular (sem análise isolada do ciclo menstrual);
2. Uso exclusivo de escores observacionais de movimento, sem medição instrumental da articulação do joelho;
3. Amostra composta por pacientes clínicas/sintomáticas, e não por atletas ativas;
4. Estudo de banco de dados populacional amplo, sem foco específico em atletas de modalidades coletivas (futebol, handebol, basquetebol ou voleibol).

Ao final, 13 estudos primários atenderam aos critérios de elegibilidade e foram incluídos na revisão. Os dados foram extraídos para uma planilha padronizada no Microsoft Excel, na qual foram registrados autoria, ano, país, características da amostra (idade, modalidade esportiva e nível competitivo), métodos de avaliação das fases do ciclo menstrual e do uso de contraceptivos hormonais, desfechos investigados e principais resultados.

Os dados extraídos foram agrupados e analisados qualitativamente em três eixos principais: (1) Desempenho muscular e dinamometria; (2) Cinemática e controle neuromuscular; e (3) Estabilidade articular, hormônios sexuais e contracepção hormonal. O fluxo detalhado da seleção está representado no Fluxograma PRISMA (Figura 1).

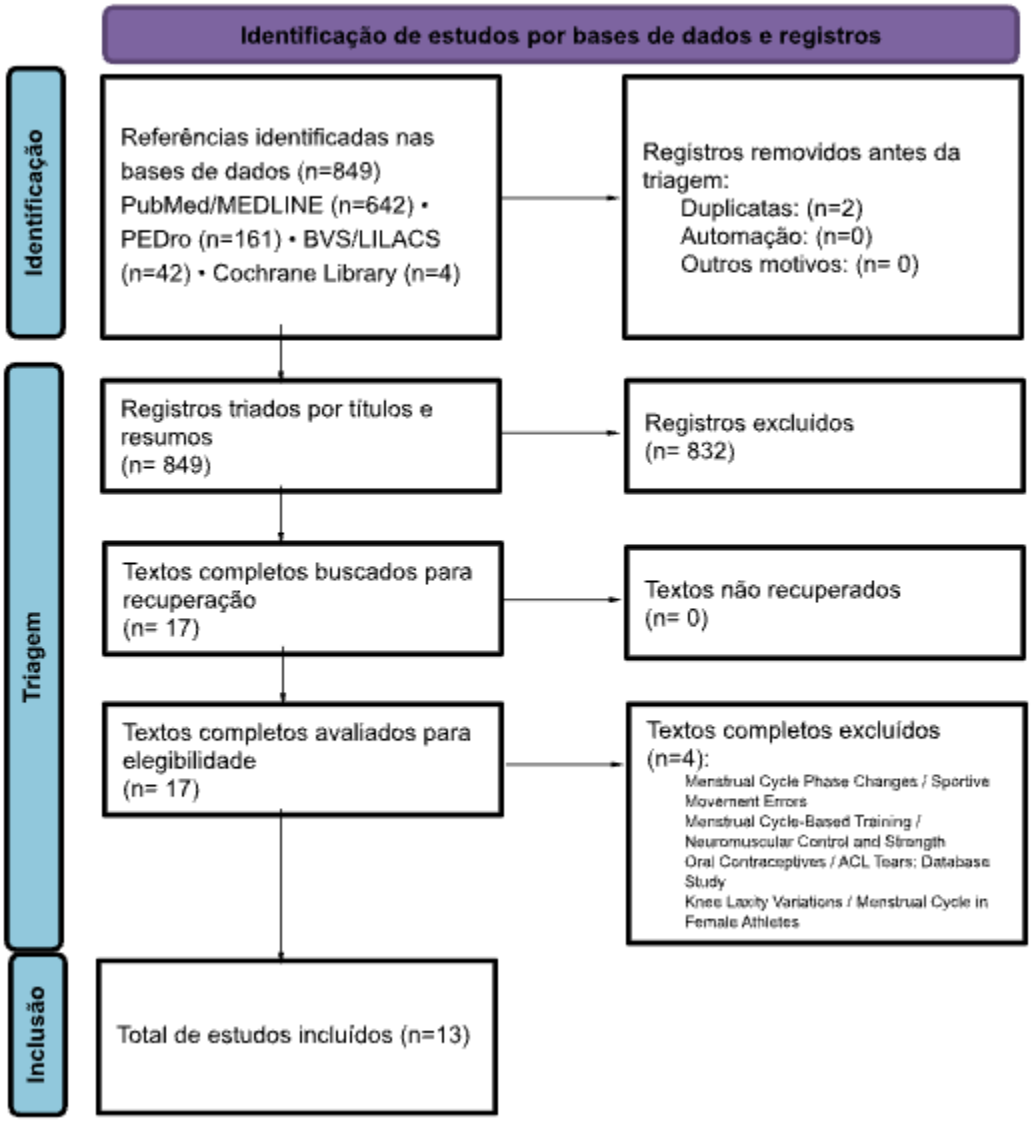


Figura 1 – Fluxograma do processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos segundo as recomendações PRISMA (Fonte: Arquivo elaborado pelos autores)

3. RESULTADOS

A busca eletrônica nas quatro bases de dados recuperou inicialmente 849 registros (PubMed/MEDLINE: 642; PEDro: 161; BVS/LILACS: 42; Cochrane Library: 4).

Na fase de triagem por títulos e resumos, 832 registros foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade predefinidos, categorizados nas seguintes razões de exclusão:

- Ausência de abordagem do ciclo menstrual ou de variáveis hormonais relacionadas aos desfechos de interesse (n=732);
- Estudos secundários (revisões sistemáticas, metanálises e narrativas) (n=73);
- População não elegível (indivíduos não atletas ou sedentários) (n=10);
- Tema ou delineamento divergente do objetivo do estudo (n=6);
- Desfechos não relacionados aos fatores biomecânicos ou ao risco de lesão do LCA (n=6);
- População exclusivamente masculina (n=5).

Na segunda etapa, 17 estudos foram encaminhados para avaliação em texto completo. Após a leitura na íntegra, 4 estudos foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade estabelecidos e por não apresentarem relação direta com a pergunta de pesquisa.

Um estudo foi excluído por apresentar delineamento de intervenção longitudinal voltado ao treinamento neuromuscular sincronizado ao ciclo menstrual, não permitindo avaliar de forma isolada a influência das fases do ciclo sobre os desfechos de interesse.

Um segundo estudo foi excluído por utilizar predominantemente escores observacionais de desempenho motor, sem apresentar medidas instrumentais específicas de cinemática, cinética ou força muscular do joelho compatíveis com os desfechos previamente estabelecidos.

O terceiro estudo foi excluído em razão da população avaliada, composta por pacientes sintomáticas encaminhadas para atendimento em clínica ortopédica, apresentando características incompatíveis com a população esportiva definida no PECO.

O quarto estudo foi excluído por basear-se em um banco de dados populacional geral de pacientes sem delimitação ou estratificação para atletas praticantes das modalidades coletivas de interesse.

Ao término do processo de seleção, 13 estudos primários atenderam a todos os critérios de inclusão e foram incluídos na síntese qualitativa desta revisão integrativa (Figura 1).

4. DISCUSSÃO

A análise dos 13 estudos incluídos nesta revisão integrativa permitiu identificar diferentes relações entre as variações hormonais do ciclo menstrual, o desempenho muscular, o controle neuromuscular e os parâmetros biomecânicos do joelho em atletas do sexo feminino. De modo geral, os estudos apresentaram resultados heterogêneos, especialmente em relação às fases do ciclo avaliadas, aos métodos utilizados para sua determinação e aos protocolos de avaliação biomecânica. Entretanto, foram observados alguns padrões relacionados à força muscular, à razão isquiotibiais/quadríceps (I:Q), à cinemática do joelho, à frouxidão articular e à influência de hormônios como o estrogênio e a relaxina.

É importante destacar que as alterações identificadas não devem ser interpretadas como evidência de que o ciclo menstrual, isoladamente, determina a ocorrência de lesões do LCA. Os resultados sugerem, principalmente, que as flutuações hormonais podem modificar determinados

fatores biomecânicos e neuromusculares que, em conjunto com aspectos individuais, esportivos e ambientais, podem contribuir para a alteração do perfil de risco de lesão.

4.1 Comportamento do equilíbrio muscular e razão isquiotibiais/quadríceps (I:Q)

Os estudos que avaliaram a força muscular por meio de dinamometria indicaram possíveis variações na relação entre os músculos flexores e extensores do joelho ao longo do ciclo menstrual. Andrade e colaboradores (2017), ao analisarem atletas de futebol, observaram diferenças na razão de força isquiotibiais/quadríceps (razão I:Q), particularmente no membro não dominante, entre diferentes fases do ciclo. Os resultados indicaram redução da razão I:Q durante a fase folicular em comparação com outras condições avaliadas.

A razão I:Q é frequentemente utilizada como um indicador do equilíbrio relativo entre a capacidade de produção de força dos músculos isquiotibiais e do quadríceps (HEWETT et al., 2005). Uma redução dessa relação pode representar menor contribuição relativa dos isquiotibiais para o controle da articulação do joelho durante determinadas tarefas. Entretanto, sua interpretação deve considerar a velocidade de contração, o tipo de contração muscular, o membro avaliado, o protocolo utilizado e as características da população estudada. Dessa forma, os valores observados não devem ser interpretados isoladamente como determinantes da ocorrência de lesão do LCA.

Resultados complementares foram descritos por Quigley e Greig (2025), que investigaram parâmetros de força dos isquiotibiais ao longo das diferentes fases do ciclo menstrual. Embora determinadas medidas de pico de torque não tenham apresentado alterações expressivas, foram identificadas diferenças na amplitude funcional excêntrica dos músculos isquiotibiais. Esse resultado é relevante porque a capacidade excêntrica desses músculos participa do controle da extensão do joelho e da desaceleração do membro inferior durante movimentos esportivos de alta velocidade.

Pournasiri e colaboradores (2023), por sua vez, observaram variações nos parâmetros de força muscular entre diferentes fases do ciclo menstrual, com valores mais elevados em determinados parâmetros durante a fase ovulatória e reduções em alguns momentos da fase folicular. Esses resultados sugerem que as oscilações hormonais podem estar associadas a alterações no desempenho muscular, embora a magnitude e a direção dessas alterações não sejam uniformes entre os estudos.

Assim, os achados sobre força muscular indicam que o ciclo menstrual pode estar associado a modificações específicas no desempenho dos músculos que contribuem para a estabilização dinâmica do joelho. Entretanto, a existência dessas alterações não significa, por si só, aumento direto da incidência de lesões. Sua interpretação deve considerar conjuntamente fatores neuromusculares e biomecânicos, treinamento, fadiga e características individuais do atleta.

4.2 Cinemática tridimensional, valgo dinâmico e controle neuromuscular

Os estudos que avaliaram a cinemática do membro inferior durante tarefas esportivas demonstraram que algumas variáveis do movimento do joelho podem apresentar diferenças entre as fases do ciclo menstrual. Bingzheng e colaboradores (2023), durante a análise de movimentos de mudança de direção a 90° (cutting), identificaram diferenças nos parâmetros de alinhamento e movimento do joelho entre as fases avaliadas, incluindo alterações relacionadas ao valgo dinâmico e à flexão do joelho.

O aumento do valgo dinâmico e a redução da flexão do joelho durante tarefas de aterrissagem ou mudança de direção são frequentemente discutidos na literatura como componentes de padrões de movimento potencialmente associados à sobrecarga do complexo do joelho (HEWETT et al., 2005; BINGZHENG et al., 2023). Entretanto, esses parâmetros não devem ser interpretados isoladamente como indicadores de lesão, uma vez que o comportamento do membro inferior resulta da interação entre controle neuromuscular, força muscular, mobilidade articular, técnica esportiva, fadiga e características antropométricas.

Em relação ao controle postural, Johnson e Shields (2024) observaram diferenças na resposta neuromuscular durante tarefas de apoio unipodal e perturbação mecânica em diferentes fases do ciclo menstrual. Os resultados sugerem que a resposta muscular e o controle postural podem sofrer modificações associadas às condições hormonais. Entretanto, a magnitude dessas alterações e sua relevância clínica precisam ser interpretadas considerando o protocolo experimental e as características das participantes.

A participação da musculatura proximal também merece destaque. A estabilidade do quadril e do tronco influencia o posicionamento do membro inferior durante atividades esportivas, podendo modificar a trajetória do joelho no plano frontal e transversal. Dessa maneira, déficits de força ou controle dos abdutores e rotadores do quadril podem contribuir para padrões de movimento menos favoráveis durante aterrissagens e mudanças de direção (KIRSCHBAUM et al., 2026; VICO-MORENO et al., 2022).

Os resultados dos estudos que utilizaram ferramentas como o *Landing Error Scoring System* (LESS) e o *Cutting Movement Assessment Score* (CMAS) reforçam a importância da análise do movimento como parte da avaliação do risco de lesão (KIRSCHBAUM et al., 2026). Contudo, essas ferramentas representam diferentes componentes do controle motor e não devem ser utilizadas isoladamente para determinar o risco individual de um atleta.

Portanto, embora algumas fases do ciclo tenham apresentado maior frequência de alterações em determinados parâmetros biomecânicos, os resultados não permitem estabelecer uma fase universalmente mais perigosa ou mais segura para todas as atletas. A resposta parece ser individual e dependente da interação entre características hormonais, neuromusculares e esportivas.

4.3 Relaxina, frouxidão articular, reconstrução do LCA e contracepção hormonal

A relação entre os hormônios sexuais e a estabilidade ligamentar constitui outro importante eixo identificado nos estudos analisados. Entre os marcadores investigados, a relaxina

recebeu atenção especial por sua possível participação na modulação do tecido conjuntivo e da frouxidão ligamentar.

Gilmer, Roberts e Oliver (2020) observaram associação entre concentrações séricas de relaxina e determinados parâmetros biomecânicos durante tarefas de salto e aterrissagem. Os resultados sugerem que maiores concentrações desse hormônio podem estar relacionadas a alterações no comportamento articular, embora a associação observada não permita estabelecer que a relaxina, isoladamente, seja responsável por alterações biomecânicas ou pela ocorrência de lesão do LCA.

Essa consideração é particularmente importante porque a estabilidade do joelho é resultado da interação entre componentes passivos e ativos. A estabilidade passiva depende da integridade dos ligamentos, cápsula articular e demais estruturas periarticulares, enquanto a estabilidade ativa envolve a ação coordenada da musculatura. Dessa forma, uma eventual alteração da frouxidão ligamentar pode ser parcialmente compensada por estratégias adequadas de controle neuromuscular.

Nos estudos envolvendo atletas submetidos à reconstrução do LCA, foram observadas diferenças em parâmetros de frouxidão e comportamento do joelho entre indivíduos com histórico de lesão e participantes sem histórico semelhante. Esses resultados reforçam a necessidade de considerar as condições hormonais como uma possível variável adicional durante a investigação do comportamento do joelho, mas não permitem estabelecer uma relação causal direta entre níveis hormonais e falha do enxerto.

4.3.1 Contracepção hormonal e risco de lesão do LCA

A utilização de contraceptivos hormonais também foi investigada em relação às alterações hormonais e ao risco de lesão do LCA. Nose-Ogura e colaboradores (2017) observaram diferenças nos níveis de relaxina entre atletas usuárias e não usuárias de contraceptivos hormonais, sugerindo que a contracepção hormonal pode modificar a exposição a determinadas oscilações hormonais ao longo do ciclo.

Além das alterações hormonais, estudos epidemiológicos avaliaram a associação entre o uso de contraceptivos orais e a ocorrência de lesões do LCA. DeFroda e colaboradores (2020), em uma amostra populacional extensa, identificaram associação entre o uso de contraceptivos orais e menor ocorrência de determinadas lesões do LCA. Resultados semelhantes foram discutidos por Gray, Gugala e Baillargeon (2016).

Apesar desses achados, a interpretação deve ser cautelosa. Estudos epidemiológicos podem demonstrar associação, mas não permitem afirmar que o contraceptivo hormonal seja diretamente responsável pela redução das lesões. Fatores comportamentais, esportivos, demográficos, hormonais e relacionados à exposição ao esporte podem atuar simultaneamente como variáveis de confusão.

Dessa maneira, os resultados disponíveis permitem considerar a contracepção hormonal como uma possível variável modificadora da exposição hormonal e do comportamento

ligamentar, mas não sustentam a recomendação de contraceptivos hormonais como estratégia preventiva específica para lesões do LCA.

4.4 Integração dos achados e implicações para a Fisioterapia Esportiva

Quando analisados em conjunto, os resultados indicam que as flutuações hormonais podem estar associadas a modificações em diferentes componentes envolvidos na estabilidade dinâmica do joelho. Entre os achados estão alterações na relação entre a força dos quadríceps e a dos isquiotibiais, modificações em parâmetros de força excêntrica, diferenças na cinemática durante tarefas esportivas e alterações na frouxidão articular.

Esses fatores não atuam isoladamente. O risco de lesão do LCA é multifatorial e resulta da interação entre características anatômicas, neuromusculares e biomecânicas, fatores hormonais, exposição à carga, fadiga, técnica de movimento e características específicas da modalidade esportiva.

Nesse contexto, o acompanhamento fisioterapêutico de atletas do sexo feminino pode considerar o ciclo menstrual como uma variável adicional dentro da avaliação individualizada. O objetivo não deve ser restringir a participação esportiva durante determinadas fases do ciclo, mas identificar possíveis alterações individuais no desempenho, na resposta à carga e no controle do movimento.

Do ponto de vista da fisioterapia esportiva, os resultados sugerem três possibilidades principais de aplicação clínica:

1. **Monitoramento individual e gestão da carga:** acompanhar, quando pertinente, alterações individuais de desempenho, percepção de esforço, fadiga e controle do movimento ao longo do ciclo menstrual, especialmente durante períodos de elevada demanda esportiva. A identificação de alterações deve orientar ajustes individualizados de treinamento, e não a restrição sistemática da atividade em determinada fase do ciclo.
2. **Treinamento neuromuscular e fortalecimento:** manter programas de fortalecimento dos músculos quadríceps, isquiotibiais, glúteos e musculatura do tronco, associados a exercícios de controle neuromuscular, aterrissagem, desaceleração e mudança de direção. O treinamento deve ser orientado pelos déficits identificados na avaliação da atleta, independentemente da fase menstrual.
3. **Avaliação e acompanhamento após reconstrução do LCA:** considerar possíveis alterações hormonais e de estabilidade articular como variáveis complementares durante o acompanhamento clínico. Entretanto, a decisão de progressão de carga e retorno ao esporte deve permanecer baseada principalmente em critérios clínicos e funcionais objetivos, como força muscular, simetria entre membros, controle neuromuscular, desempenho em testes funcionais, ausência de sinais inflamatórios e capacidade de executar tarefas esportivas específicas.

De forma geral, esta revisão indica que as alterações hormonais relacionadas ao ciclo menstrual podem estar associadas a determinados componentes biomecânicos e neuromusculares envolvidos na estabilidade do joelho. Contudo, as evidências disponíveis não permitem

estabelecer uma relação causal simples entre uma fase específica do ciclo e a ocorrência de lesão do LCA. Na prática fisioterapêutica, essas informações devem ser utilizadas de maneira individualizada e em conjunto com os demais fatores de risco e as características esportivas de cada atleta.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que as fases do ciclo menstrual e o uso de contraceptivos hormonais podem estar associados a variações em parâmetros musculares, neuromusculares e biomecânicos relacionados ao risco de lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) em atletas do sexo feminino. Entretanto, os resultados são heterogêneos e não permitem estabelecer uma fase do ciclo menstrual consistentemente associada a maior risco de lesão, nem determinar de forma conclusiva a influência dos contraceptivos hormonais sobre esses fatores.

Na prática fisioterapêutica, esses achados reforçam a importância do acompanhamento individualizado e de estratégias preventivas baseadas no fortalecimento muscular e no treinamento neuromuscular, sem justificar restrições esportivas fundamentadas exclusivamente na fase menstrual. São necessários estudos com métodos padronizados e acompanhamento da ocorrência de lesões para esclarecer a relevância clínica dessas associações.

REFERÊNCIAS

1. ANDRADE, M. S. et al. Is muscular strength balance influenced by menstrual cycle in female soccer players? **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 57, n. 6, p. 859-864, 2017.
2. BINGZHENG, W. et al. The effects of sex hormones during the menstrual cycle on knee kinematics. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 11, p. 1209652, 2023.
3. GILMER, G. G.; OLIVER, G. D. Preliminary evaluation of knee kinetics in female athletes on hormonal contraceptives. **International Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 8, p. 545-551, 2020.
4. GILMER, G. G.; ROBERTS, M. D.; OLIVER, G. D. The relationship between serum relaxin concentrations and knee valgus. **International Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 10, p. 677-683, 2020.
5. GILMER, G. G. et al. Preliminary evaluation of dynamic knee valgus and serum relaxin concentrations after ACL reconstruction. **JBJS Open Access**, v. 5, n. 2, p. e19.00060, 2020.
6. GRAY, A. M.; GUGALA, Z.; BAILLARGEON, J. G. Effects of oral contraceptive use on anterior cruciate ligament injury epidemiology. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 48, n. 4, p. 648-654, 2016.
7. JOHNSON, A. K.; SHIELDS, R. K. Influence of the menstrual cycle and training on the performance of a perturbed single-leg squatting task in female collegiate athletes. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 12, n. 5, p. 23259671241251720, 2024.

8. KIRSCHBAUM, E. M. et al. The influence of menstrual cycle phase and urinary incontinence on potential ACL injury risk factors with a focus on hip strength and postural control in elite female team sport athletes: a pilot study. **Sports**, v. 14, n. 3, p. 96, 2026.
9. NOSE-OGURA, S. et al. Oral contraceptive therapy reduces serum relaxin-2 in elite female athletes. **Journal of Obstetrics and Gynaecology Research**, v. 43, n. 8, p. 1314-1319, 2017.
10. POURNASIRI, M. et al. Isometric and isokinetic strength of lower-limb muscles in female athletes during different phases of menstrual cycle: a causal-comparative study. **BMC Women's Health**, v. 23, n. 1, p. 640, 2023.
11. QUIGLEY, C.; GREIG, M. The influence of menstrual cycle phase on isokinetic knee flexor and extensor strength in female soccer players: a pilot study. **Research in Sports Medicine**, v. 33, p. 1-12, 2025.
12. SHAGAWA, M. et al. Knee laxity in the menstrual cycle after anterior cruciate ligament reconstruction: a case series. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 3, p. 2277, 2023.
13. VICO-MORENO, E. et al. Motor control and regularity of menstrual cycle in ankle and knee injuries of female basketball players: a cohort study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 21, p. 14357, 2022.