www.revistaft.com.br

Revista FT | ISSN 1678-0817 | v. 30, n. 164, 2026 | DOI: 10.69849/05z32713

Efeitos do treinamento excêntrico sobre a morfologia dos isquiotibiais em jogadores de futebol: uma revisão sistemática

Effects of eccentric training on hamstring muscle morphology in soccer players: a systematic review

João Vítor de Figueiredo Serrano
Julia Fernanda Barbosa de Carvalho
Pedro Henrique de Castro da Costa
Nicolas Figueiredo Ramos Gonçalves
Mateus Ferreira Rêgo

Resumo

O treinamento excêntrico tem sido investigado como estratégia para promover adaptações morfológicas e arquitetônicas dos músculos isquiotibiais em jogadores de futebol. O objetivo deste estudo foi analisar as alterações morfológicas e arquitetônicas dessa musculatura induzidas pelo treinamento com componente excêntrico. Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, estruturada conforme as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020). As buscas foram realizadas nas bases PubMed, Cochrane CENTRAL e Physiotherapy Evidence Database (PEDro), considerando estudos publicados entre janeiro de 2017 e setembro de 2026. Foram identificados 232 registros, dos quais seis estudos primários atenderam aos critérios de elegibilidade. Os resultados foram sintetizados narrativamente, e a qualidade metodológica foi avaliada por meio dos instrumentos do Joanna Briggs Institute (JBI). O comprimento fascicular foi o desfecho com achados positivos mais recorrentes, apresentando aumentos em cinco estudos, em pelo menos uma condição de treinamento, enquanto um estudo não identificou alterações arquitetônicas estatisticamente significativas. As mudanças na espessura muscular e no ângulo de penação foram menos consistentes. As respostas variaram conforme os protocolos de treinamento, a frequência e o volume das intervenções, as características dos participantes e os métodos de avaliação utilizados. Conclui-se que o treinamento com componente excêntrico apresenta potencial para promover adaptações arquitetônicas dos músculos isquiotibiais em jogadores de futebol, especialmente no comprimento fascicular. Entretanto, a heterogeneidade dos estudos e suas limitações metodológicas dificultam a identificação de protocolos ideais e impedem conclusões definitivas sobre a magnitude e a consistência das adaptações morfológicas observadas.

Palavras-chave: Músculos isquiotibiais. Exercício excêntrico. Futebol. Arquitetura muscular. Comprimento fascicular.

Abstract

Eccentric training has been investigated as a strategy to promote morphological and architectural adaptations in the hamstring muscles of soccer players. This study aimed to analyze the morphological and architectural changes in these muscles induced by training involving an eccentric component. This systematic literature review was structured according to the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020) guidelines. Searches were conducted in PubMed, Cochrane CENTRAL, and the Physiotherapy Evidence Database (PEDro), considering studies

published between January 2017 and September 2026. A total of 232 records were identified, of which six primary studies met the eligibility criteria. Findings were synthesized narratively, and methodological quality was assessed using the Joanna Briggs Institute (JBI) critical appraisal tools. Fascicle length was the outcome with the most frequently reported positive findings, with increases observed in five studies under at least one training condition, whereas one study found no statistically significant architectural changes. Changes in muscle thickness and pennation angle were less consistent. Responses varied according to training protocols, intervention frequency and volume, participant characteristics, and the assessment methods used. In conclusion, training involving an eccentric component has the potential to promote architectural adaptations in the hamstring muscles of soccer players, particularly in fascicle length. However, study heterogeneity and methodological limitations make it difficult to identify optimal protocols and preclude definitive conclusions regarding the magnitude and consistency of the observed morphological adaptations.

Keywords: Hamstring muscles. Eccentric exercise. Soccer. Muscle architecture. Fascicle length.

1 INTRODUÇÃO

O futebol apresenta ampla relevância esportiva, social e cultural em âmbito mundial, sendo praticado em diferentes continentes e níveis competitivos. A dimensão global da modalidade pode ser observada no alcance da Copa do Mundo FIFA de 2022 e nas 211 associações nacionais vinculadas à Fédération Internationale de Football Association (FIFA, 2022). Além de sua expressividade mundial, o futebol é caracterizado por esforços intermitentes, com ações de elevada intensidade, como acelerações, desacelerações, mudanças de direção, saltos e corridas em alta velocidade. Nesse contexto, ações de corrida em alta velocidade e sprint representam componentes importantes das demandas físicas impostas aos jogadores (Gualtieri et al., 2023).

Entre as lesões musculares observadas no futebol, as lesões dos isquiotibiais apresentam elevada relevância devido à sua frequência e ao consequente afastamento dos atletas. Em acompanhamento realizado durante 21 temporadas do futebol profissional masculino europeu, Ekstrand et al. (2023) registraram 2.636 lesões dos isquiotibiais em 3.909 jogadores, correspondendo a aproximadamente 19% de todas as lesões identificadas. Além disso, os autores observaram aumento da proporção dessas lesões e dos dias de afastamento associados ao longo do período analisado, evidenciando seu impacto sobre a disponibilidade dos jogadores.

Do ponto de vista biomecânico, os músculos isquiotibiais exercem papel importante durante a corrida em alta velocidade, sendo submetidos simultaneamente a elevados níveis de ativação, produção de força e alongamento. Durante essas ações, ocorrem contrações excêntricas, caracterizadas pela produção de força muscular durante o alongamento (Hody et al., 2019). Especialmente na fase final do balanço da corrida, essa musculatura participa da desaceleração do membro inferior e do controle da extensão do joelho, sendo submetida a elevada demanda mecânica durante o sprint (Mendiguchia et al., 2020).

Além das demandas mecânicas, características funcionais e estruturais dos isquiotibiais têm sido investigadas por sua possível associação com a ocorrência de lesões. Entre as variáveis relacionadas à arquitetura muscular destacam-se o comprimento fascicular, a espessura muscular e o ângulo de penação. Timmins et al. (2016), em jogadores de futebol de elite, observaram associação entre menores níveis de força excêntrica dos flexores do joelho, menor comprimento fascicular da cabeça longa do bíceps femoral (BFlh) e maior risco de lesão dos isquiotibiais. Esses achados contribuíram para o interesse por estratégias de treinamento capazes de promover adaptações funcionais e estruturais nessa musculatura.

Nesse contexto, o treinamento resistido com ênfase excêntrica tem sido investigado como estratégia para promover adaptações nos músculos isquiotibiais. Essas adaptações podem variar conforme as características do exercício e do protocolo utilizado, como demonstrado em estudos que

compararam diferentes formas de sobrecarga excêntrica e estímulos de treinamento (Maeo et al., 2024; Mendiguchia et al., 2020). Em jogadores de futebol, diferentes estudos identificaram alterações em variáveis como comprimento fascicular, espessura muscular e ângulo de penação após programas de treinamento excêntrico (Lovell et al., 2018; Medeiros et al., 2020; Vianna et al., 2021). Entretanto, resultados distintos também têm sido relatados, incluindo ausência de alterações significativas após determinados protocolos (Siddle et al., 2024), indicando que as respostas estruturais podem não ocorrer de maneira uniforme.

Além das diferenças entre os protocolos de treinamento, aspectos metodológicos relacionados à avaliação da arquitetura muscular podem contribuir para a variabilidade dos resultados encontrados.

Yagiz et al. (2021) demonstraram que diferentes métodos de avaliação ultrassonográfica e de estimativa do comprimento fascicular podem influenciar a magnitude das alterações identificadas. Mais recentemente, Pecci et al. (2026) observaram efeito do Nordic Hamstring Exercise sobre o comprimento fascicular do BFlh em jogadores de futebol, ao mesmo tempo em que destacaram a necessidade de maior esclarecimento sobre a influência das características dos protocolos de treinamento. Diante disso, o presente estudo tem como objetivo analisar as alterações morfológicas e arquitetônicas dos músculos isquiotibiais induzidas pelo treinamento excêntrico em jogadores de futebol, considerando variáveis como comprimento fascicular, espessura muscular, ângulo de penação e demais alterações estruturais relatadas nos estudos.

2 METODOLOGIA

2.1 Delineamento do estudo

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão sistemática da literatura, desenvolvida com o objetivo de identificar e analisar as alterações morfológicas e de arquitetura muscular dos isquiotibiais decorrentes do treinamento com componente excêntrico em jogadores de futebol de campo. O processo de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão dos estudos foi estruturado de acordo com as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA).

2.2 Estratégia de busca

A busca bibliográfica foi realizada em 20 de setembro de 2026 nas bases PubMed, Cochrane Library (Cochrane Central Register of Controlled Trials - CENTRAL) e Physiotherapy Evidence Database (PEDro). As estratégias foram adaptadas aos recursos de cada base, mantendo como referência os conceitos de músculos isquiotibiais, exercício excêntrico e futebol.

No PubMed, a busca foi realizada em 20 de setembro de 2026, utilizando a seguinte estratégia: ("Hamstring Muscles"[MeSH Terms] OR Hamstring muscle OR Hamstring muscles OR Hamstrings) AND (Eccentric exercise OR Eccentric exercises) AND ("Soccer"[MeSH Terms] OR Soccer OR Soccer Player OR Soccer Players)

Foram considerados estudos publicados entre 1º de janeiro de 2017 e 20 de setembro de 2026. Não foram utilizados filtros de sexo, idade ou disponibilidade gratuita do texto completo. A busca recuperou 130 registros.

Na Cochrane Central Register of Controlled Trials - CENTRAL, a busca foi realizada em 20 de setembro de 2026. Foram utilizadas buscas separadas com termos livres nos campos de título, resumo e palavras-chave e descritores MeSH correspondentes aos músculos isquiotibiais e ao futebol. Os termos livres foram: ("Hamstring muscle" OR "Hamstring muscles" OR Hamstrings), ("Eccentric exercise" OR "Eccentric exercises") e (Soccer OR "Soccer Player" OR "Soccer Players"). Os

descritores MeSH foram Hamstring Muscles e Soccer. A estratégia final do Search Manager correspondeu à combinação (#3 AND #4 AND #7), sendo #3 a união dos termos livres e MeSH para isquiotibiais, #4 os termos referentes ao exercício excêntrico e #7 a união dos termos livres e MeSH relativos ao futebol. Foram recuperados quatro registros na CENTRAL.

Na PEDro, a busca foi realizada em 20 de setembro de 2026. Foram realizadas quatro buscas independentes no campo Abstract & Title, com a opção Match all search terms (AND) e limitação de publicações a partir de 2017. As combinações utilizadas foram "hamstring eccentric", "hamstring soccer", "eccentric soccer" e "hamstring exercises soccer", que recuperaram, respectivamente, 42, 27, 15 e 14 registros. Somadas, as buscas produziram 98 ocorrências. A comparação dos títulos identificou 34 ocorrências duplicadas entre as buscas, resultando em 64 registros únicos na PEDro.

2.3 Critérios de elegibilidade

Foram elegíveis estudos primários envolvendo jogadores de futebol de campo, independentemente do sexo, categoria ou nível competitivo, submetidos a programas longitudinais de exercício ou treinamento com componente excêntrico direcionado aos músculos isquiotibiais.

Para inclusão, os estudos deveriam apresentar avaliação pré e pós-intervenção e investigar pelo menos um desfecho relacionado à morfologia ou arquitetura muscular dos isquiotibiais, como comprimento fascicular, espessura muscular, ângulo de penação, volume, área muscular ou outra variável estrutural. Foram considerados artigos publicados em português, inglês ou espanhol no período previamente estabelecido.

Foram excluídos estudos realizados exclusivamente com participantes de outras modalidades esportivas, investigações sem intervenção longitudinal, estudos de efeito exclusivamente agudo, trabalhos que não apresentassem desfechos morfológicos ou arquitetônicos dos isquiotibiais e publicações secundárias, como revisões narrativas, revisões sistemáticas e metanálises. A síntese dos critérios de elegibilidade definidos para esta pesquisa, estruturada segundo a estratégia PICO, está apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Critérios de elegibilidade dos estudos

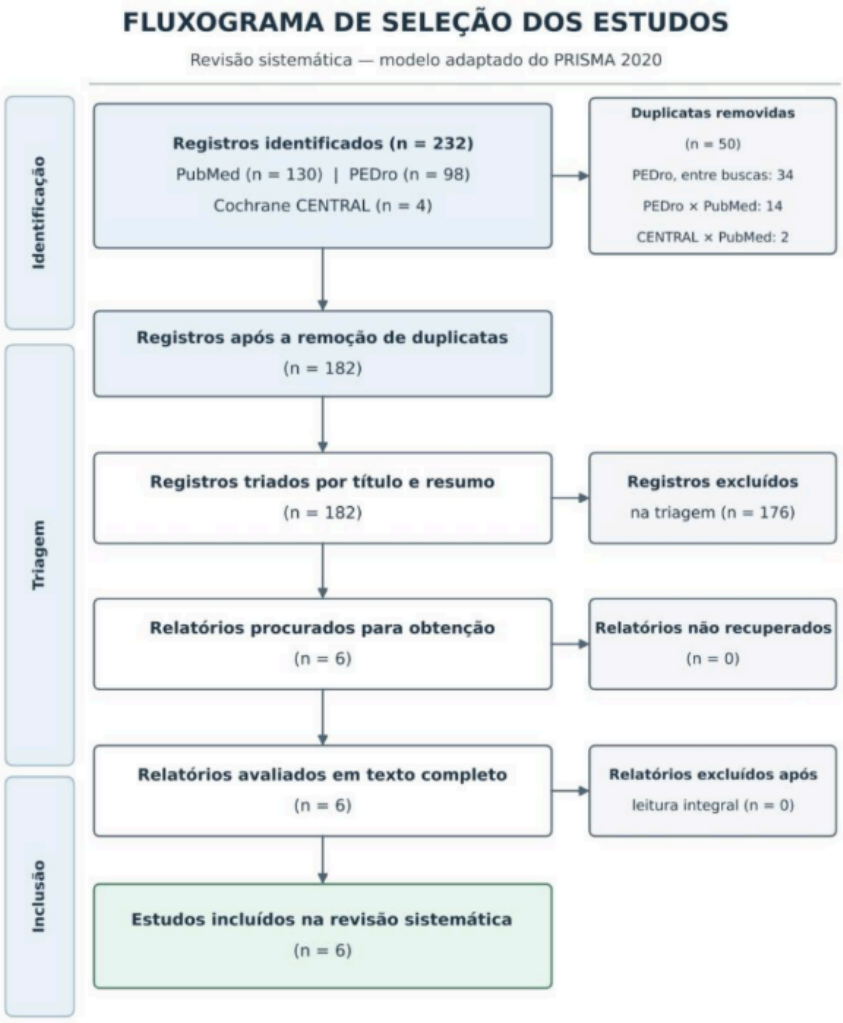
Componente PICO	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
P – População (Population)	Jogadores de futebol de campo, independentemente do sexo, categoria ou nível competitivo.	Participantes praticantes exclusivamente de outras modalidades esportivas.
I – Intervenção (Intervention)	Programas longitudinais de exercício ou treinamento com componente excêntrico direcionado aos músculos isquiotibiais.	Estudos sem intervenção longitudinal ou com análises de efeito exclusivamente agudo.
C – Comparador (Comparator)	Avaliação pré e pós-intervenção, com ou sem grupo controle, incluindo comparações entre diferentes protocolos de treinamento.	Estudos sem avaliação pré e pós-intervenção dos desfechos de interesse.
O – Desfechos (Outcomes)	Pelo menos um desfecho relacionado à morfologia ou arquitetura muscular dos isquiotibiais (comprimento fascicular, espessura muscular, ângulo de penação, volume, área muscular ou outra variável estrutural).	Trabalhos que não apresentaram desfechos morfológicos ou arquitetônicos dos músculos isquiotibiais.

Fonte: Elaboração dos autores.

2.4 Seleção dos estudos

A seleção dos estudos foi realizada pelos três integrantes do grupo de pesquisa, por meio da leitura dos títulos e resumos dos registros identificados. Os trabalhos potencialmente elegíveis foram posteriormente avaliados em texto completo pelos mesmos revisores, de acordo com os critérios previamente estabelecidos. Eventuais divergências na seleção foram resolvidas por consenso.

Figura 1 – Fluxograma de seleção dos estudos, adaptado do PRISMA 2020



Fonte: Elaboração dos autores, adaptado do PRISMA 2020

No PubMed, dos 130 registros identificados, 124 foram excluídos após a triagem de títulos e resumos. Os seis estudos restantes foram avaliados em texto completo e incluídos, conforme a seleção já documentada na versão anterior desta metodologia.

Na Cochrane CENTRAL, os quatro registros identificados foram avaliados e excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade, não acrescentando estudos à revisão.

Na PEDro, das 98 ocorrências recuperadas, 34 eram duplicatas entre as quatro buscas, restando 64 registros únicos. Destes, 53 foram excluídos na triagem por títulos; 11 passaram à avaliação dos resumos. Após essa etapa, nove foram excluídos, predominantemente por ausência de desfechos morfológicos ou arquitetônicos dos isquiotibiais, embora também tenham ocorrido incompatibilidades de população ou intervenção. Dois estudos atenderam aos critérios, entretanto ambos já haviam sido encontrados na busca do PubMed, de modo que a PEDro não acrescentou estudos inéditos ao conjunto de seis estudos previamente incluídos.

Os registros identificados nas diferentes bases foram confrontados para identificação de sobreposições, de modo a evitar a contagem repetida de estudos. O processo de seleção será apresentado em fluxograma conforme as recomendações do PRISMA.

2.5 Extração dos dados

A extração dos dados dos estudos incluídos foi realizada de forma padronizada pelos três integrantes do grupo de pesquisa. Foram coletadas informações referentes à identificação do estudo, delineamento metodológico, características da amostra, nível esportivo dos participantes, protocolo de intervenção, duração, frequência e volume do treinamento, músculos avaliados, método de avaliação da arquitetura muscular e principais alterações observadas nos desfechos morfológicos e arquitetônicos.

Os dados foram organizados em tabela para permitir a caracterização e comparação dos estudos incluídos.

2.6 Avaliação da qualidade metodológica

A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada de forma independente pelos três revisores integrantes do grupo de pesquisa, utilizando os instrumentos de avaliação crítica do Joanna Briggs Institute (JBI), selecionados de acordo com o delineamento de cada estudo.

Os critérios dos instrumentos foram classificados conforme as categorias propostas pelo JBI. Eventuais divergências entre os revisores foram resolvidas por consenso. Os resultados dessa avaliação foram considerados durante a interpretação dos achados, sem utilização de pontuação global como critério isolado para exclusão dos estudos.

2.7 Síntese dos resultados

Considerando a heterogeneidade entre os estudos quanto às características das amostras, protocolos de intervenção, duração, frequência e volume do treinamento, bem como aos métodos utilizados para avaliação da arquitetura muscular, foi realizada síntese narrativa dos resultados. Os achados foram comparados principalmente em relação às alterações no comprimento fascicular, espessura muscular e ângulo de penação, considerando também as características dos diferentes protocolos de treinamento empregados.

3 RESULTADOS

3.1 Identificação e seleção dos estudos

As buscas nas bases PubMed, Physiotherapy Evidence Database (PEDro) e Cochrane CENTRAL totalizaram 232 ocorrências: 130 no PubMed, 98 nas quatro buscas da PEDro e quatro na CENTRAL. Após a remoção de 34 ocorrências repetidas entre as buscas da própria PEDro e 16 duplicações entre as bases, restaram 182 registros bibliográficos únicos. O processo de seleção resultou em seis estudos primários incluídos na revisão, conforme os critérios estabelecidos na metodologia..

3.2 Características dos estudos incluídos

Os seis estudos incluídos foram publicados entre 2018 e 2024 e envolveram exclusivamente jogadores de futebol de campo, abrangendo futebol amador, categorias de base e equipes de alto nível.

Quadro 2 – Caracterização dos estudos incluídos

Estudo	Amostra	Intervenção	Desfechos e método
Lovell et al. (2018)	42 randomizados; futebol amador masculino; cerca de 35 nas análises finais, conforme desfecho.	NHE antes do treino, NHE após o treino ou exercícios de core; 12 semanas.	Ultrassonografia modo B: espessura, penação e comprimento fascicular estimado do bíceps femoral.
Lacome et al. (2020)	19 jogadores masculinos sub-19 de academia de elite.	NHE + stiff-leg deadlift modificado; 10 versus 40 repetições/semana; dois períodos de seis semanas.	Ultrassonografia panorâmica: comprimento fascicular do BFlh e do semimembranoso.
Mendiguchia et al. (2020)	32 inicialmente; 23 completaram (NHE=7, sprint=8, futebol habitual=8); futebol masculino.	NHE versus sprints versus futebol habitual; seis semanas.	Ultrassonografia modo B: comprimento fascicular estimado, espessura e penação do BFlh.
Siddle et al. (2024)	17 recrutados; 16 concluíram; jogadores masculinos de academia de elite.	Nordic de baixo volume com progressão inicial; oito semanas; sem controle paralelo.	Ultrassonografia modo B: espessura de BFlh/SM/ST e fascículo/penação do BFlh.
Vianna et al. (2021)	17 profissionais femininas com NHE; 16 amadoras em grupo de confiabilidade, não controle causal.	NHE progressivo, duas vezes/semana, durante oito semanas de pré- temporada.	Ultrassonografia modo B: comprimento fascicular bilateral do BFlh.
Medeiros et al. (2020)	54 randomizados; 32 concluíram (15 em 1x/sem. e 17 em 2x/sem.); futebol masculino sub-20/sub-23.	NHE uma versus duas vezes por semana; oito semanas.	Ultrassonografia modo B: espessura, penação e comprimento fascicular do BFlh; n=30 no exame arquitetônico.

Fonte: Elaboração dos autores, com base nos seis estudos incluídos. BFlh: cabeça longa do bíceps femoral; SM: semimembranoso; ST: semitendinoso; NHE: Flexão nórdica.

Cinco pesquisas analisaram participantes do sexo masculino e uma investigou jogadoras profissionais. As intervenções compreenderam programas de Nordic Hamstring Exercise (NHE), isoladamente ou associado a outro exercício, e protocolos comparativos de treinamento por sprint. A duração dos programas variou entre seis e 12 semanas; em Lacome et al. (2020), houve dois períodos de seis semanas com alternância dos volumes de treinamento (crossover).

3.3 Alterações morfológicas e arquitetônicas

3.3.1 Comprimento fascicular

O comprimento fascicular foi investigado nos seis estudos. Lovell et al. (2018) relataram aumento estimado de 1,58 cm no grupo que realizou o NHE antes do treinamento de futebol, em comparação com as outras condições. Lacome et al. (2020) observaram aumentos de 4,5% e 4,8% no comprimento fascicular da cabeça longa do bíceps femoral (BFlh), respectivamente, nos grupos de menor e maior volume após o primeiro período de seis semanas; para o semimembranoso, as mudanças foram de 4,3% e 6,3%. Não foram observados ganhos substanciais adicionais após a alternância dos protocolos.

Quadro 3 – Síntese dos principais resultados arquitetônicos

Estudo	Medidas	Resultados selecionados	Comparação/interpretação declarada
Lovell et al. (2018)	Comprimento fascicular; espessura; penação	NHE antes: Δ fascículo +1,58 cm (IC 90% 0,48–2,68). NHE depois: Δ espessura +0,17 cm (IC 90% 0,05–0,29); Δ penação +1,03° (IC 90% −0,08 a 2,14).	Os padrões de adaptação diferiram segundo o momento da sessão; estudo usou inferências baseadas em magnitudes.
Lacome et al. (2020)	Fascículos BFlh e SM	BFlh +4,5% (baixo volume) e +4,8% (alto); SM +4,3% e +6,3% no 1º bloco.	Sem diferença clara entre volumes; sem adaptação adicional substancial no 2º bloco.
Mendiguchia et al. (2020)	Fascículo; espessura; penação do BFlh	Fascículo: +7,38% (NHE) e +16,21% (sprint); espessura: +5,04% (NHE) e +5,80% (sprint); penação: +9,24% (NHE).	O grupo sprint foi uma intervenção distinta do NHE. As análises utilizaram inferências por magnitude.
Siddle et al. (2024)	Fascículo; espessura; penação	Fascículo BFlh 7,61→7,82 cm (p=0,57); espessura BFlh 2,28→2,23 cm (p=0,44); penação 17,94→17,33° (p=0,56).	Nenhuma alteração arquitetônica estatisticamente significativa; ausência de controle.

Estudo	Medidas	Resultados selecionados	Comparação/interpretação declarada
Vianna et al. (2021)	Fascículo BFlh bilateral	Direito: 9,90→10,51 cm (+6,16%; p<0,001). Esquerdo: 9,57→10,20 cm (+6,58%; p<0,001).	8 das 17 jogadoras (~47%) superaram o critério individual de resposta para comprimento fascicular.
Medeiros et al. (2020)	Fascículo; espessura; penação do BFlh	Fascículo +0,91 cm (1x/sem.) e +0,95 cm (2x/sem.); espessura +0,11 cm em ambos os grupos.	Sem diferença entre frequências em fascículo (p=0,406), espessura (p=0,864) ou penação (p=0,289).

Fonte: Elaboração dos autores. Δ = variação apresentada pelos estudos; valores e estatísticas foram mantidos conforme o método de análise de cada artigo. Não se equipararam inferências por magnitude a testes convencionais de significância.

Mendiguchia et al. (2020) relataram aumento de 7,38% no grupo NHE e de 16,21% no grupo de treinamento por sprints. Vianna et al. (2021) verificaram aumento significativo do comprimento fascicular do BFlh nas jogadoras profissionais após oito semanas de NHE, com mudanças de 6,16% no membro direito e 6,58% no esquerdo ($p < 0,001$). Medeiros et al. (2020) observaram aumento de aproximadamente 0,91 cm e 0,95 cm, respectivamente, nos grupos de uma e duas sessões semanais, sem diferença estatisticamente significativa entre as frequências ($p = 0,406$). Em contraste, Siddle et al. (2024) não observaram diferença estatisticamente significativa no comprimento fascicular após o protocolo de oito semanas (7,61 ± 1,27 para 7,82 ± 1,06 cm; $p = 0,57$).

3.3.2 Espessura muscular e ângulo de penação

A espessura muscular foi avaliada por Lovell et al. (2018), Mendiguchia et al. (2020), Siddle et al. (2024) e Medeiros et al. (2020). Lovell et al. (2018) relataram aumento estimado de 0,17 cm de espessura do bíceps femoral no grupo NHE após o treino. Mendiguchia et al. (2020) descreveram alterações relativas da espessura do BFlh de 5,04% no grupo NHE e 5,80% no grupo sprint. Medeiros et al. (2020) identificaram aumentos de 0,11 cm em ambos os grupos de frequência semanal, sem diferença entre eles ($p = 0,864$). Siddle et al. (2024) não observaram mudança significativa na espessura do BFlh ($p = 0,44$), do semimembranoso ($p = 0,30$) ou do semitendinoso ($p = 0,48$).

Quanto ao ângulo de penação, Lovell et al. (2018) relataram aumento estimado de 1,03° no grupo NHE após treino, segundo a abordagem inferencial adotada no estudo. Mendiguchia et al. (2020) relataram aumento relativo de 9,24% no grupo NHE. Medeiros et al. (2020) não encontraram diferença significativa entre as frequências de treinamento ($p = 0,289$), e Siddle et al. (2024) não observaram alteração significativa após a intervenção ($p = 0,56$).

3.4 Avaliação da qualidade metodológica

A avaliação crítica foi organizada conforme os instrumentos JBI correspondentes aos delineamentos dos estudos. Quatro investigações foram avaliadas pelo checklist para estudos randomizados, composto por 13 critérios, e duas pelo checklist para estudos quase- experimentais, composto por nove critérios. As respostas consensuais do grupo foram classificadas como “Sim”, “Não” e “Incerto”, sem atribuição de pontuação global de qualidade.

Quadro 4 – Avaliação JBI dos estudos randomizados

Critério JBI	Lovell	Lacome	Mendiguchia	Medeiros
R1. Foi empregada randomização realmente aleatória?	I	I	I	S
R2. A sequência de alocação foi ocultada?	I	I	I	I
R3. Os grupos eram comparáveis no início?	I	S	I	I
R4. Os participantes desconheciam sua alocação?	N	N	N	N

Critério JBI	Lovell	Lacome	Mendiguchia	Medeiros
R5. Os responsáveis pela intervenção desconheciam a alocação?	N	N	N	N
R6. Os avaliadores dos desfechos estavam cegados?	I	I	S	S
R7. Os grupos receberam cuidados iguais, exceto pelas intervenções comparadas?	S	S	S	S
R8. O seguimento foi completo ou as perdas foram adequadamente descritas e analisadas?	N	I	N	N
R9. A análise preservou a alocação original (intenção de tratar)?	N	I	N	N
R10. Os desfechos foram medidos da mesma maneira entre os grupos?	S	S	S	S
R11. A mensuração dos desfechos foi confiável?	S	S	S	S
R12. A análise estatística foi apropriada?	I	N	I	I
R13. O delineamento e possíveis desvios do ensaio paralelo foram tratados adequadamente?	S	N	S	S

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos checklists JBI, conforme revisão consensual do grupo. S = Sim; N = Não; I = Incerto.

Nos estudos randomizados, os itens com maior frequência de respostas negativas ou incertas envolveram ocultação da alocação, cegamento, seguimento dos participantes e análises segundo a alocação original. Nos estudos quase-experimentais, destacaram-se limitações associadas à ausência de um grupo controle causal equivalente. Os quadros a seguir reproduzem as respostas aceitas pelos revisores; suas justificativas detalhadas permanecem documentadas na ficha JBI individual de cada estudo.

Quadro 5 – Avaliação JBI dos estudos quase-experimentais

Critério JBI	Vianna	Siddle
Q1. Está clara a ordem temporal entre intervenção e desfechos?	S	S
Q2. Os participantes comparados eram semelhantes?	N	S
Q3. As condições e os cuidados concomitantes eram semelhantes?	N	I
Q4. Houve grupo controle?	N	N
Q5. Houve múltiplas medições antes E depois da intervenção?	N	N
Q6. O seguimento foi completo ou as perdas foram descritas e analisadas?	S	S
Q7. Os desfechos foram mensurados da mesma maneira nas comparações?	S	S
Q8. Os desfechos foram medidos de forma confiável?	S	S
Q9. A análise estatística foi apropriada?	I	S

Fonte: Elaboração dos autores a partir dos checklists JBI, conforme revisão consensual do grupo. S = Sim; N = Não; I = Incerto.

4 DISCUSSÃO

Os estudos incluídos nesta revisão indicam que programas de treinamento com componente excêntrico podem promover adaptações na arquitetura dos músculos isquiotibiais em jogadores de futebol, sobretudo no comprimento fascicular da cabeça longa do bíceps femoral (BFlh). Entretanto, as respostas não foram uniformes entre as investigações, uma vez que cinco estudos relataram aumento desse desfecho em pelo menos uma condição de treinamento, enquanto Siddle et al. (2024) não identificaram alterações arquitetônicas estatisticamente significativas. Essa divergência sugere que os resultados devem ser interpretados considerando as características das intervenções, das populações e das técnicas empregadas na avaliação muscular (Lovell et al., 2018; Lacome et al., 2020; Mendiguchia et al., 2020; Medeiros et al., 2020; Vianna et al., 2021; Siddle et al., 2024).

O comprimento fascicular foi a variável mais frequentemente investigada e apresentou respostas favoráveis em diferentes contextos esportivos. Lovell et al. (2018) observaram maior aumento no grupo que realizou o Nordic Hamstring Exercise (NHE) antes da sessão de futebol, ao passo que Vianna et al. (2021) identificaram aumentos bilaterais após oito semanas de NHE em jogadoras profissionais. Entretanto, no estudo de Vianna et al. (2021), menos da metade das participantes apresentou aumento individual superior ao erro típico de medida estabelecido pelos autores. Esse resultado evidencia que a resposta média do grupo não representa necessariamente uma adaptação equivalente em todas as atletas, aspecto relevante para a interpretação dos efeitos do treinamento em condições reais.

As comparações entre diferentes doses de treinamento também indicaram que uma maior exposição ao exercício nem sempre resultou em adaptações arquitetônicas superiores. Lacome et al. (2020) encontraram aumentos semelhantes no comprimento fascicular do BFlh e do semimembranoso com protocolos de 10 e 40 repetições semanais, compostos pela associação de NHE e levantamento terra com joelhos estendidos modificado. De modo semelhante, Medeiros et al. (2020) observaram aumentos de espessura e comprimento fascicular do BFlh tanto com uma quanto com duas sessões semanais de NHE, sem diferenças significativas entre as frequências para essas variáveis. Contudo, apenas a frequência de duas sessões apresentou melhora consistente nas medidas de força avaliadas naquele ensaio. Portanto, as adaptações arquitetônicas e funcionais não devem ser consideradas respostas necessariamente equivalentes ao aumento do volume ou da frequência de treinamento. A ausência de ganhos adicionais relevantes no segundo período de intervenção de Lacome et al. (2020) pode sugerir redução da resposta ao estímulo após as primeiras semanas. Contudo, essa interpretação requer cautela, pois o estudo utilizou um delineamento com alternância de protocolos, sem grupo que permanecesse livre de treinamento excêntrico, e os efeitos do primeiro período podem ter influenciado as avaliações posteriores. Dessa forma, os resultados não permitem definir um volume ideal nem afirmar que ocorreu um limite fisiológico de adaptação. Em conjunto com Medeiros et al. (2020), os dados sustentam a possibilidade de mudanças estruturais com protocolos relativamente econômicos, mas não estabelecem uma relação dose–resposta geral para jogadores de diferentes categorias.

O momento de realização do exercício foi outro fator investigado. No estudo de Lovell et al. (2018), o NHE realizado antes do treinamento de futebol esteve associado a maior aumento estimado do comprimento fascicular, enquanto sua execução após o treino apresentou maiores alterações de espessura muscular e ângulo de penação. Apesar dessas diferenças arquitetônicas, as respostas de força excêntrica foram semelhantes entre os dois grupos de intervenção. Além disso, a adesão ao volume prescrito foi relativamente baixa em ambas as condições, o que restringe a generalização dos achados. Assim, o estudo sugere que a organização do exercício dentro da sessão pode influenciar o perfil de adaptação, mas não fornece evidência suficiente para estabelecer um momento de execução universalmente superior.

Mendiguchia et al. (2020) ampliaram essa discussão ao comparar o NHE com um programa de sprints integrado à preparação de jogadores de futebol. Embora ambos os grupos tenham apresentado aumento do comprimento fascicular do BFlh, o incremento observado no grupo de sprints foi maior. Essa diferença pode estar relacionada às características mecânicas específicas da corrida em alta velocidade, que impõe elevada demanda aos isquiotibiais em ações de alongamento ativo. Entretanto, o protocolo de sprints envolveu estímulos distintos daqueles do exercício nórdico isolado; portanto, a diferença observada não deve ser atribuída exclusivamente à contração excêntrica ou interpretada como demonstração de superioridade do sprint em qualquer programa de fortalecimento.

Quanto aos demais componentes da arquitetura muscular, a espessura e o ângulo de penação

apresentaram resultados menos consistentes. Lovell et al. (2018), Mendiguchia et al. (2020) e Medeiros et al. (2020) relataram aumentos de espessura em determinadas condições, enquanto Siddle et al. (2024) não encontraram alterações significativas após oito semanas. Para o ângulo de penação, foram descritas mudanças em condições específicas por Lovell et al. (2018) e Mendiguchia et al. (2020), mas não houve resposta significativa no protocolo de Siddle et al. (2024) nem diferença significativa entre frequências em Medeiros et al. (2020). Portanto, o alongamento fascicular não implica necessariamente aumento simultâneo da espessura ou do ângulo de penação, e as adaptações podem variar conforme o músculo e o estímulo avaliado.

O resultado de Siddle et al. (2024) merece atenção por contrastar com os demais estudos. Os participantes já possuíam experiência prévia de aproximadamente 12 meses com o exercício nórdico, e, após um período inicial de maior exposição, o protocolo passou a utilizar oito repetições semanais. O histórico de treinamento e a dose empregada podem ter contribuído para a ausência de mudanças estatisticamente significativas; entretanto, essa explicação permanece hipotética. O pequeno número de participantes e a ausência de grupo controle paralelo também limitam a capacidade de distinguir o efeito específico do NHE daquele produzido pelas demais atividades do futebol. Por isso, um resultado estatisticamente não significativo não deve ser interpretado como prova de impossibilidade de adaptação arquitetônica.

Outro aspecto relevante é a heterogeneidade dos métodos de ultrassonografia. Os estudos avaliaram diferentes músculos, posições e segmentos anatômicos, e utilizaram procedimentos distintos para determinar o comprimento fascicular. Lacome et al. (2020), por exemplo, recorreram à imagem panorâmica para acompanhar o trajeto dos fascículos, enquanto outros trabalhos empregaram imagens bidimensionais com estimativas das porções não visíveis. Essas diferenças podem influenciar tanto os valores absolutos quanto a magnitude aparente das mudanças, dificultando comparações diretas entre protocolos. Além disso, as medidas foram realizadas predominantemente com a musculatura em repouso, não permitindo concluir que as mesmas alterações ocorreriam durante o movimento. Nenhum dos seis estudos mensurou diretamente a adição de sarcômeros em série; essa permanece uma hipótese explicativa, e não um desfecho demonstrado pela presente revisão.

A interpretação conjunta também deve considerar as limitações metodológicas apontadas na avaliação crítica pelo JBI. Entre os estudos randomizados, foram identificadas questões relacionadas ao cegamento, à ocultação da alocação e às perdas de participantes, particularmente em Mendiguchia et al. (2020) e Medeiros et al. (2020). Nos delineamentos quase-experimentais, a atribuição causal dos resultados é mais restrita: Siddle et al. (2024) não utilizaram grupo controle paralelo, e o grupo de jogadoras amadoras de Vianna et al. (2021) foi empregado para estimar a confiabilidade das medidas, não como um controle equivalente para os efeitos do programa nas profissionais. Além disso, alguns estudos utilizaram inferências baseadas em magnitudes, enquanto outros recorreram a testes convencionais de significância, o que exige cuidado ao comparar a força das conclusões.

Do ponto de vista da fisioterapia esportiva, os resultados sugerem que o NHE e outros estímulos com componente excêntrico podem integrar estratégias destinadas a modificar características estruturais dos isquiotibiais, inclusive em protocolos de menor volume ou frequência. Entretanto, a escolha da intervenção deve considerar o período competitivo, a experiência prévia, a adesão e a resposta individual, sem pressupor que um mesmo protocolo produzirá efeitos semelhantes em todos os jogadores. Deve-se destacar, ainda, que esta revisão analisou adaptações morfológicas e arquitetônicas, e não outros desfechos possíveis, como a redução efetiva da incidência de lesões; por isso, não é possível afirmar, com base nesses seis estudos, que o aumento do comprimento fascicular tenha causado diminuição de lesões musculares.

Por fim, a quantidade reduzida de estudos, as amostras relativamente pequenas, o predomínio de participantes masculinos e a diversidade de intervenções e procedimentos de avaliação limitaram a comparação dos achados e justificaram a síntese narrativa adotada. Estudos futuros com acompanhamento adequado, menor perda amostral, descrição detalhada da dose de exercício, técnicas de imagem comparáveis e maior representação de jogadoras de futebol poderão esclarecer quais características dos protocolos favorecem adaptações estruturais consistentes. A investigação conjunta de parâmetros de arquitetura muscular, desempenho muscular e ocorrência de lesões também poderá contribuir para compreender a relevância clínica dessas alterações.

5 CONCLUSÃO

Os estudos analisados nesta revisão sistemática indicam que o treinamento com componente excêntrico pode promover adaptações morfológicas e arquitetônicas dos músculos isquiotibiais em jogadores de futebol, principalmente aumento do comprimento fascicular da cabeça longa do bíceps femoral. Entretanto, os resultados não foram uniformes entre os estudos, e as alterações na espessura muscular e no ângulo de penação mostraram-se menos consistentes.

As diferentes respostas observadas parecem estar relacionadas, ao menos em parte, às características dos exercícios e protocolos, à experiência prévia dos jogadores e aos métodos utilizados para avaliar a arquitetura muscular. Nos estudos que compararam volumes ou frequências de treinamento, uma dose maior não demonstrou, de maneira consistente, adaptações arquitetônicas superiores. Contudo, a heterogeneidade das intervenções e as limitações metodológicas impedem determinar um protocolo ideal.

Conclui-se que o treinamento excêntrico apresenta potencial para modificar a arquitetura dos isquiotibiais no contexto do futebol, mas ainda são necessários estudos com métodos comparáveis e maior rigor metodológico para esclarecer a magnitude e a consistência dessas adaptações.

REFERÊNCIAS

EKSTRAND, Jan et al. Hamstring injury rates have increased during recent seasons and now constitute 24% of all injuries in men's professional football: the UEFA Elite Club Injury Study from 2001/02 to 2021/22. British Journal of Sports Medicine, v. 57, n. 5, p. 292-298, 2023. DOI: 10.1136/bjsports-2021- 105407.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE FOOTBALL ASSOCIATION (FIFA). Annual report 2022. Zürich: FIFA, 2022. Disponível em: https://publications.fifa.com/en/annual- report-2022/. Acesso em: 19 out. 2026.

GUALTIERI, Antonio et al. High-speed running and sprinting in professional adult soccer: current thresholds definition, match demands and training strategies: a systematic review. Frontiers in Sports and Active Living, v. 5, art. 1116293, 2023. DOI: 10.3389/fspor.2023.1116293.

HODY, Stéphanie et al. Eccentric muscle contractions: risks and benefits. Frontiers in Physiology, v. 10, art. 536, 2019. DOI: 10.3389/fphys.2019.00536.

JOANNA BRIGGS INSTITUTE (JBI). Critical appraisal tools. Adelaide: JBI, [s. d.]. Disponível em: https://jbi.global/critical-appraisal-tools. Acesso em: 19 out. 2026.

LACOME, Mathieu et al. Hamstring eccentric strengthening program: does training volume matter? International Journal of Sports Physiology and Performance, v. 15, n. 1, p. 81-90, 2020. DOI:

10.1123/ijspp.2018-0947.

LOVELL, Ric et al. Hamstring injury prevention in soccer: before or after training? Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, v. 28, n. 2, p. 658-666, 2018. DOI: 10.1111/sms.12925.

MAEO, Sumiaki et al. Hamstrings hypertrophy is specific to the training exercise: Nordic hamstring versus lengthened state eccentric training. Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 56, n. 10, p. 1893-1905, 2024. DOI: 10.1249/MSS.0000000000003490.

MEDEIROS, Thales M. et al. Effect of weekly training frequency with the Nordic hamstring exercise on muscle-strain risk factors in football players: a randomized trial. International Journal of Sports Physiology and Performance, v. 15, n. 7, p. 1026-1033, 2020. DOI: 10.1123/ijspp.2018-0780.

MENDIGUCHIA, Jurdan et al. Sprint versus isolated eccentric training: comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. PLOS ONE, v. 15, n. 2, e0228283, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0228283.

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, v. 372, n71, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n71.

PECCI, Javier et al. Influence of resistance training variables and the Nordic hamstring exercise on biceps femoris architectural adaptations in soccer players: a systematic review. Sports Health, v. 18, n. 2, p. 334-343, 2026. DOI: 10.1177/19417381251331607.

SIDDLE, James et al. A low-volume Nordic hamstring curl programme improves change of direction ability, despite no architectural, strength or speed adaptations in elite youth soccer players. Research in Sports Medicine, v. 32, n. 1, p. 49-60, 2024. DOI: 10.1080/15438627.2022.2079984.

TIMMINS, Ryan G. et al. Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. British Journal of Sports Medicine, v. 50, n. 24, p. 1524-1535, 2016. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095362.

VIANNA, Karoline B. et al. A preseason training program with the Nordic hamstring exercise increases eccentric knee flexor strength and fascicle length in professional female soccer players. International Journal of Sports Physical Therapy, v. 16, n. 2, p. 459-467, 2021. DOI: 10.26603/001c.19452.

YAGIZ, Gokhan et al. Heterogeneous effects of eccentric training and Nordic hamstring exercise on the biceps femoris fascicle length based on ultrasound assessment and extrapolation methods: a systematic review of randomised controlled trials with meta- analyses. PLOS ONE, v. 16, n. 11, e0259821, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0259821.