EFEITOS DE UM PROGRAMA DE TREINAMENTO PREVENTIVO SOBRE A RELAÇÃO DE FORÇA ENTRE AGONISTAS E ANTAGONISTAS DO JOELHO EM JOGADORES DE FUTEBOL PROFISSIONAL

Augusto Bagattini Silva, Mariana Santilli Tomiatti, Matheus Luís da Silva, Victor Gabriel Teixeira, Daniel Vilela Nogueira, Fernanda Pupio Silva Lima.

Laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensóriomotora - Universidade do Vale do Paraíba/Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, santillimariana029@gmail.com, gu.bagattini@gmail.com.

Resumo
As lesões dos isquiotibiais são frequentes no futebol devido, principalmente, às elevadas demandas mecânicas impostas e aos desequilíbrios musculares. O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de um programa de treinamento preventivo, na razão agonista-antagonista de joelho de atletas de futebol de alto rendimento. realizadas avaliações da força muscular pré e pós-intervenção de três atletas, por meio do dinamômetro isocinético. O protocolo foi composto por quatro exercícios direcionados ao fortalecimento da cadeia muscular posterior, aplicado durante 15 sessões, 3x/semana. Os participantes apresentaram aumento da razão agonista/antagonista no membro esquerdo, com a maior variação observada no Atleta 2 (+17,2%), seguida pelos Atletas 1 e 3 (+5,6%). Ambos os atletas apresentaram aumento de 1,8% e 4,9% no membro direito, respectivamente, enquanto o Atleta 2 apresentou redução de 10,7%. O protocolo de treinamento utilizado foi efetivo para a melhora do sinergismo muscular dos jogadores do estudo, o que pode reforçar a importância da avaliação isocinética e da implementação de programas preventivos para a redução do risco de lesões.
Palavras-chave: Futebol. I/Q. Prevenção. Lesão. Atletas.

Área do Conhecimento: Fisioterapia

Introdução

O futebol é um fenômeno sociocultural e econômico praticado por mais de 265 milhões de pessoas e acompanhado por bilhões de torcedores em todo o mundo (Kunz, 2007). Todavia, a exposição contínua a ações intermitentes de alta intensidade, como acelerações, desacelerações, mudanças rápidas de direção, saltos, aterrissagens e chutes, torna as lesões musculares uma consequência inerente e crítica do jogo. Para um clube, a frequente indisponibilidade de atletas decorrente desses agravos representa um prejuízo severo e multifacetado: desestabiliza o desempenho tático da equipe, gera perdas financeiras substanciais com custos médicos e afastamentos e compromete diretamente o bem-estar psicológico do jogador.

Entre os grupos musculares mais acometidos, destacam-se os isquiotibiais e o quadríceps, que desempenham funções complementares na produção, transmissão e absorção de forças durante a corrida e nos gestos específicos do futebol. A ocorrência dessas lesões resulta da interação entre fatores mecânicos, neuromusculares e relacionados à carga de treinamento, não devendo ser atribuída exclusivamente a um único déficit de força ou a uma alteração biomecânica. A literatura científica distingue classicamente dois mecanismos primários de lesão dos isquiotibiais: o tipo por alongamento (*stretching*), que afeta tipicamente a porção proximal dos tendões do BF e do SM, e o tipo por corrida (*sprint*), que incide com maior frequência sobre a cabeça longa do BF e tende a ser mais grave quando se associa uma forte flexão do quadril ao joelho em extensão, o que exige uma potente contração excêntrica. Contudo, em contextos esportivos dinâmicos, como o futebol, muitas lesões decorrem de uma combinação complexa desses movimentos, o que dá origem ao conceito de lesão de tipo mista (Jokela et al., 2023). Este mecanismo misto ocorre quando o atleta, em velocidade máxima (*sprint*), alonga a o membro inferior e, simultaneamente, flexiona o tronco (potencializando o *stretching* dos IT), demandando uma força excêntrica súbita e intensa do músculo, momento em que a lesão se manifesta.

O principal fator de risco modificável para lesões na cadeia posterior da coxa é o desequilíbrio na razão agonista–antagonista (Isquiotibiais/Quadríceps — I/Q). Biomecanicamente, enquanto o quadríceps acelera a extensão do joelho, os isquiotibiais atuam como um "freio" por meio de contrações

excêntricas. Quando há dominância do quadríceps ou incapacidade dos isquiotibiais de desacelerar o segmento no final da fase de balanço do *sprint*, a articulação perde estabilidade e as estruturas posteriores sofrem sobrecargas tensionais que superam seu limite elástico, culminando na ruptura fibrilar (Van Dyk, 2019). Para a avaliação dessa relação, a dinamometria isocinética consolida-se como o padrão-ouro e uma ferramenta indispensável na avaliação muscular, por meio do controle rigoroso da velocidade angular e do isolamento das contrações concêntricas e excêntricas. A avaliação isocinética permite analisar a interação funcional entre grupos musculares agonistas e antagonistas, bem como a simetria entre os membros, desempenhando um papel decisivo na prevenção de lesões e no estabelecimento de critérios para o retorno ao esporte. Na articulação do joelho, a relação entre isquiotibiais e quadríceps é tradicionalmente avaliada pela Razão Convencional, calculada pela relação entre o pico de torque concêntrico dos músculos agonistas e antagonistas.

Neste contexto, programas de treinamento preventivo direcionados ao fortalecimento dos músculos isquiotibiais são fundamentais para aprimorar sua capacidade de produção e controle de força diante das elevadas demandas impostas pelo futebol. Historicamente negligenciada em comparação à musculatura anterior, a cadeia posterior exige estímulos mecânicos específicos, com ênfase na sobrecarga excêntrica e em comprimentos musculares longos, para suportar as elevadas demandas do futebol. Essa intervenção induz adaptações determinantes, como o aumento do comprimento dos fascículos musculares (admissão de sarcômeros em série) e o deslocamento do pico de torque para ângulos de maior extensão articular. Consequentemente, aprimoram-se a capacidade de absorção de impacto e a resposta neuromuscular, fatores determinantes para o reequilíbrio da razão I/Q e para a preservação da integridade miotendínea do atleta (McArdie et al., 2024). Diante disso, esse estudo tem como objetivo propor e avaliar os efeitos de um programa de treinamento direcionado ao aumento da força dos músculos isquiotibiais, visando otimizar a relação agonista-antagonista do joelho em jogadores profissionais de futebol.

Metodologia

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), em São José dos Campos, São Paulo, Brasil, sob o parecer nº 7.570.144, de acordo com as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde.

Trata-se de uma pesquisa experimental, de abordagem quantitativa, realizada com atletas de futebol de alto rendimento. A amostra foi inicialmente composta por cinco jogadores. Durante o período de acompanhamento, entretanto, dois participantes não permaneceram no estudo, resultando em uma amostra final de três jogadores que concluíram todas as etapas do programa de intervenção. Apresentaram média de idade de 20,2 ± 2,4 anos, distribuídos nas posições de zagueiro (2) e de meio-campista (1). É de altura média de 1,79 ± 1,16 m, peso de 78,3 ± 9,6 kg e composição corporal de 13,2 ± 2,2%, avaliados pelo protocolo de Faulkner.

Para a coleta de dados, foi utilizado o Dinamômetro *Biodex Multi Joint System 3* da *BIODEX MEDICAL Inc SYSTEM*®, instalado no Laboratório de Biodinâmica, localizado no bloco 7, pertencente à Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), situada na Rua Shishima Hifumi nº 2911, no município de São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

Os participantes foram submetidos a duas avaliações, realizadas nos dias 06/03/2026 (pré-intervenção) e 10/04/2026 (pós-intervenção). A avaliação foi realizada bilateralmente, abrangendo os membros inferiores direito e esquerdo. Para isso, os participantes foram posicionados no equipamento, com estabilização do tronco e do membro inferior contralateral por meio de cintos de segurança, de modo a minimizar movimentos compensatórios durante a execução. O eixo de rotação do dinamômetro foi alinhado ao eixo anatômico da articulação do joelho, e o braço de alavanca foi ajustado individualmente conforme as características antropométricas de cada participante.

Após o posicionamento e a calibração do equipamento, foi realizado o teste isocinético dos movimentos de flexão e extensão do joelho, dividido em duas etapas. Inicialmente, foram realizadas 5 repetições a 60°/s, com esforço máximo; após o intervalo, foram realizadas 20 repetições a 180°/s, também com esforço máximo. O mesmo protocolo foi aplicado a ambos os membros inferiores. No intervalo de 34 dias entre as avaliações pré- e pós-intervenção, foi aplicado aos participantes um protocolo de treinamento padronizado, composto por 15 sessões, mantendo a frequência de três por semana.

O protocolo foi elaborado com ênfase no fortalecimento da musculatura da cadeia posterior dos membros inferiores, especialmente dos músculos isquiotibiais, e estruturado em quatro exercícios: flexão excêntrica, flexão com amplitude reduzida, stiff unilateral e ponte unilateral. O protocolo foi realizado com duas séries para cada exercício, sendo 8 repetições nos exercícios de flexão excêntrica, stiff unilateral e ponte unilateral, e 30 repetições no exercício de flexão com amplitude reduzida. Entre as séries foi estabelecido um intervalo de 60 segundos. Os dados obtidos nas avaliações foram analisados com base na razão agonista/antagonista, o que permitiu identificar possíveis desequilíbrios musculares e alterações no padrão de desempenho dos participantes.

Resultados

A análise da razão agonista/antagonista a 60°/s, obtida por dinamometria isocinética, demonstrou respostas distintas entre os atletas e entre os membros inferiores após a intervenção. De modo geral, observou-se aumento da razão no membro esquerdo dos três participantes (Figura 1A), enquanto o membro direito apresentou respostas heterogêneas (Figura 1B).

O Atleta 1 apresentou aumento da razão em ambos os membros. No membro direito, os valores passaram de 68,2% para 69,4%, correspondendo a uma variação de +1,8%. No membro esquerdo, houve aumento de 60,4% para 63,8%, equivalente a +5,6%. Assim, a alteração foi mais pronunciada no membro esquerdo.

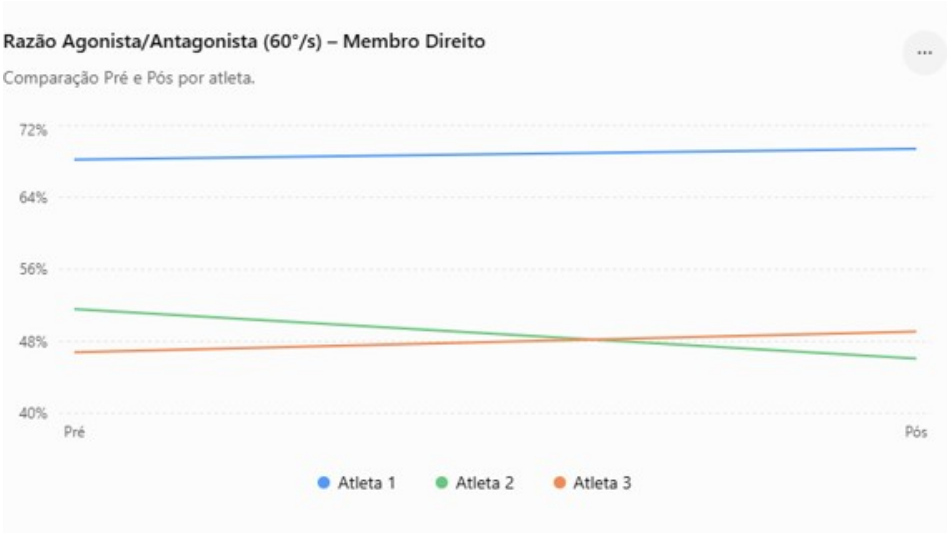
No Atleta 2, observou-se comportamento distinto entre os membros. No membro direito, a razão diminuiu de 51,6% para 46,1%, representando uma redução de 10,7%. Em contrapartida, no membro esquerdo, os valores aumentaram de 51,3% para 60,1%, correspondendo a um incremento relativo de 17,2%, ou 8,8 pontos percentuais. Esse participante apresentou, portanto, a maior alteração observada entre os três atletas, especificamente no membro esquerdo.

O Atleta 3 também apresentou aumento bilateral. No membro direito, a razão passou de 46,8% para 49,1%, com variação de +4,9%, enquanto no membro esquerdo aumentou de 53,8% para 56,8%, correspondendo a aproximadamente +5,6%. As alterações foram, portanto, semelhantes entre os membros.

Considerando os resultados individuais, os três atletas apresentaram aumento da razão agonista/antagonista no membro esquerdo, com a maior variação observada no Atleta 2 (+17,2%), seguida pelos Atletas 3 (+5,6%) e 1 (+5,6%). No membro direito, os Atletas 1 e 3 apresentaram aumento de 1,8% e 4,9%, respectivamente, enquanto o Atleta 2 apresentou redução de 10,7%.

Figura 1 – Razão agonista/antagonista entre os músculos flexores e extensores do joelho, a 60°/s, obtida por dinamometria isocinética nos períodos pré e pós-programa de treinamento preventivo.

A



B



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Discussão

Avaliação da razão agonista/antagonista (I/Q) a 60°/s por dinamometria isocinética é um indicador clássico de equilíbrio muscular e de risco para lesões de isquiotibiais, sendo o equilíbrio entre 50% e 80% frequentemente descrito como parâmetro de normalidade funcional para esta velocidade angular. Nesse estudo, a análise individualizada dos três atletas após o período de intervenção revelou um padrão de resposta assimétrico entre os membros inferiores, caracterizado por um aumento consistente da razão no membro esquerdo em todos os participantes, em contraste com respostas heterogêneas no membro direito. De modo geral, houve melhora do equilíbrio muscular no lado não-dominante, com destaque para a magnitude da adaptação apresentada pelo Atleta 2 que apresentou a maior adaptação no membro esquerdo (+17,2%), mas foi o único com redução no direito (-10,7%), enquanto os Atletas 1 e 3 apresentaram melhora bilateral. A heterogeneidade sugere que o protocolo não produz respostas uniformes e que fatores individuais, progressão das cargas, adesão e supervisão podem influenciar os resultados, como discutido por Biz et al. (2021). Dessa forma, a análise individual é mais informativa do que a interpretação isolada de valores médios o que levanta a discussão sobre os possíveis mecanismos musculares e de especificidade da carga que mediaram tais adaptações.

A relação desses achados com a prevenção de lesões pode ser entendida pelo papel complementar do quadríceps e dos isquiotibiais nas ações de alta intensidade. Veeck et al. (2023) identificaram baixa relação I/Q na pré-temporada em atletas profissionais que posteriormente sofreram estiramento dos isquiotibiais, reforçando a importância de monitorar o equilíbrio entre esses grupos. No presente estudo, a melhora observada, sobretudo no membro esquerdo, indica evolução favorável do sinergismo muscular. Entretanto, a relação I/Q é um indicador relativo e não permite, isoladamente, prever ou excluir lesões, como evidencia o Atleta 3, que permaneceu abaixo de 50% no membro direito.

Os resultados também podem ser relacionados às características do protocolo, composto por flexão excêntrica, flexão com amplitude reduzida, stiff unilateral e ponte unilateral, com ênfase na cadeia posterior. Ribeiro-Alvares et al. (2018) observaram aumento do torque isométrico e excêntrico dos isquiotibiais após treinamento baseado no exercício nórdico, enquanto Rey et al. (2016) verificaram aumento de força e redução da assimetria bilateral após treinamento excêntrico. Embora o protocolo deste estudo não seja idêntico ao NHE, a melhora bilateral dos Atletas 1 e 3 é compatível com a hipótese de que o fortalecimento da cadeia posterior favorece o equilíbrio muscular. A resposta divergente do Atleta 2, por outro lado, reforça a necessidade de individualização.

Esse resultado se insere em uma perspectiva preventiva mais ampla. Van Dyk et al. (2018) e Almeida et al. (2018) relataram redução de aproximadamente 51% das lesões dos isquiotibiais em programas que incluíam o Nordic Hamstring Exercise, enquanto Al Attar e Husain (2023) apontaram

benefícios adicionais do fortalecimento do core e Al Attar et al. (2017) encontraram resultados favoráveis com o FIFA 11+. Esses estudos não permitem equiparar tais programas ao protocolo utilizado neste trabalho, mas sustentam a relevância de combinar estímulos de força e controle neuromuscular no futebol. Nesse contexto, a melhora bilateral dos Atletas 1 e 3 e a resposta heterogênea do Atleta 2 reforçam a necessidade de estratégias preventivas individualizadas

De modo geral, as evidências disponíveis sustentam o uso do NHE como estratégia eficaz para a prevenção de lesões dos isquiotibiais. Além disso, a associação a exercícios voltados ao fortalecimento do core e a programas estruturados, como o FIFA 11+, pode ampliar as estratégias de prevenção de lesões no futebol. Entretanto, a efetividade desses programas depende não apenas da escolha dos exercícios, mas também de fatores como a adesão, a frequência, a progressão adequada das cargas e a supervisão profissional.

Nesse contexto, a aplicação das evidências científicas na prática esportiva é fundamental para o desenvolvimento de estratégias preventivas mais consistentes. A implementação adequada e sistemática desses programas pode contribuir para reduzir a incidência de lesões, diminuir o período de afastamento dos atletas e favorecer a manutenção da disponibilidade dos jogadores ao longo da temporada. Dessa forma, estratégias preventivas baseadas em evidências podem ter repercussões relevantes tanto para a saúde e a longevidade esportiva dos atletas quanto para o desempenho das equipes.

Conclusão

Conclui-se que o programa de treinamento preventivo utilizado neste estudo promoveu melhora do equilíbrio muscular, especialmente no membro não dominante, embora tenham sido observadas respostas individuais heterogêneas entre os atletas. Esses achados sugerem que fatores como a progressão das cargas, a adesão e a supervisão podem influenciar a magnitude das adaptações. Os resultados reforçam a relevância da avaliação isocinética como prática rotineira no contexto esportivo, associada à prescrição de programas de fortalecimento individualizados, como estratégias fundamentais para a identificação e a mitigação de fatores de risco modificáveis e, consequentemente, para a prevenção de lesões em atletas de alto rendimento.

Entretanto, os resultados devem ser interpretados com cautela, considerando o tamanho reduzido da amostra e a ausência de grupo controle. Recomenda-se, portanto, a realização de estudos futuros com amostras mais robustas, delineamentos controlados e períodos de acompanhamento prolongados, a fim de confirmar esses achados e ampliar sua aplicabilidade ao contexto do futebol profissional.

Referências

ABDEL-AZIEM, Amr Almaz; SOLIMAN, Elsadat Saad; ABDELRAOUF, Osama Ragaa. Isokinetic peak torque and flexibility changes of the hamstring muscles after eccentric training: Trained versus untrained subjects. Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica, v. 52, n. 4, p. 308-314, 2018.

AL ATTAR, Wesam Saleh A. *et al.* Injury prevention programs that include balance training exercises reduce ankle injury rates among soccer players: a systematic review. Journal of Physiotherapy, v. 68, n. 3, p. 165-173, 2022.

AL ATTAR, Wesam Saleh A.; HUSAIN, Mohamed A. Effectiveness of Injury Prevention Programs With Core Muscle Strengthening Exercises to Reduce the Incidence of Hamstring Injury Among Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis . Sports Health, v. 15, n. 6, p. 805-812, 2023.

KUNZ, Matthias. 265 milion playing football. FIFA Magazine, Zürich, July 2007.
FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE FOOTBALL ASSOCIATION (FIFA). Centro de Pesquisa e Assistência Médica da FIFA (F-MARC). FIFA 11+: um programa de aquecimento completo para prevenir lesões no futebol: manual. Zurique: FIFA, 2007. 40 p.

HECHT, Stine *et al.* The influence of dental occlusion on hamstring muscle isokinetic parameters in active competitive soccer athletes: a randomized controlled trial. Frontiers in Sports and Active Living, v. 7, art. 1589934, p. 1-10, 2025.

MARKOVIC, Goran *et al.* Nordic hamstring strength of highly trained youth football players and its relation to sprint performance. Journal of Strength and Conditioning Research, v. 34, n. 3, p. 800-807, 2020.

NEUMANN, Donald A. Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: fundamentos para reabilitação. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

O'DONNELL, Shane R. et al. A comparison of quadriceps-to-hamstrings ratios during isokinetic testing, cutting, and drop landings in male soccer players. *International Journal of Exercise Science*, v. 13, n. 4, p. 157–166, 2020.

SANT'ANNA, João Paulo Cortez *et al.* Lesão muscular: Fisiopatologia, diagnóstico e tratamento. Revista Brasileira de Ortopedia, v. 57, n. 1, p. 1-13, 2022.

VAN DER WOUDE, Danny R.; RUYTEN, Thijs; BARTELS, Bart. Reliability of muscle strength and muscle power assessments using isokinetic dynamometry in neuromuscular diseases: a systematic review. PTJ: Physical Therapy & Rehabilitation Journal, v. 102, n. 10, p. 1-9, 2022.

VAN DYK, Nicol; WANGENSTEEN, Arnlaug; VERMEULEN, Robin; WHITELEY, Rod; BAHR, Roald; TOL, Johannes L.; WITVROUW, Erik. Similar Isokinetic Strength Preinjury and at Return to Sport after Hamstring Injury. Medicine & Science in Sports & Exercise, v. 51, n. 6, p. 1091-1098, jun. 2019.

VEECK, Filipe et al. Low pre-season hamstring-to-quadriceps strength ratio identified in players who further sustained in-season hamstring strain injuries: a retrospective study from a Brazilian Serie A team. *Sports*, v. 11, n. 4, art. 89, 2023.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).