ISSN 1981-4313 impresso
ISSN 2357-8432 online
Revista Científica
Coleção em Pesquisa EF
DIÁLOGOS ENTRE CORPO, MOVIMENTO, SAÚDE, EDUCAÇÃO E SOCIEDADE
Acesso aberto • CC BY 4.0
rcpef.org

ASSOCIAÇÃO ENTRE ULTRASSONOGRAFIA, TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E MARCADORES BIOQUÍMICOS NA AVALIAÇÃO DE LESÕES ESPORTIVAS: CINCO ESTUDOS DE CASO EM FUTEBOLISTAS

ASSOCIATIONS AMONG ULTRASONOGRAPHY, INFRARED THERMOGRAPHY, AND BIOCHEMICAL MARKERS IN THE ASSESSMENT OF SPORTS INJURIES: FIVE CASE STUDIES INVOLVING SOCCER PLAYERS

ASOCIACIÓN ENTRE ECOGRAFÍA, TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y MARCADORES BIOQUÍMICOS EN LA EVALUACIÓN DE LESIONES DEPORTIVAS: CINCO ESTUDIOS DE CASO EN FUTBOLISTAS

Leandro Lima e Silva[1], Carlos Bruno Reis Pinheiro[1], Danielli Braga de Mello[2], José Mauro Maia Junior[1,2], Marcio Barros Sena[3], Rodrigo Gomes de Souza Vale[1], Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes[1]

https://doi.org/10.47820/cpef.c1zs4593

PUBLICADO: 11/2026

RESUMO

Objetivo: descrever conjuntamente achados ultrassonográficos, padrões térmicos cutâneos e concentrações de creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) em cinco futebolistas com queixas musculoesqueléticas. Métodos: estudo descritivo e exploratório de cinco casos identificados durante o acompanhamento de uma equipe militar de 27 jogadores em 2022. Foram analisados relatos clínicos, ultrassonografia, termografia infravermelha e CK e LDH. Os valores bioquímicos de referência foram obtidos no início da temporada, e as avaliações após o episódio foram realizadas 48 horas depois. Resultados: quatro casos foram relatados após jogos e um após treino; três envolveram tornozelo, um joelho e um região posterior da coxa. Os escores de dor variaram de 5 a 9. Quatro casos apresentaram diferenças térmicas negativas e um, positivas, conforme a convenção adotada. Nos cinco atletas, CK e LDH foram superiores aos respectivos valores registrados no início da temporada. Conclusão: a avaliação conjunta permitiu caracterizar alterações estruturais, térmicas e bioquímicas nesses cinco casos, mas não demonstra correlação estatística, eficácia diagnóstica nem causalidade. Estudos comparativos e longitudinais são necessários.

PALAVRAS-CHAVE: lesões do esporte, futebol, diagnóstico por imagem, bioquímica, atletas.

ABSTRACT

Objective: To describe ultrasonographic findings, cutaneous thermal patterns, and creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH) concentrations in five soccer players reporting musculoskeletal symptoms. Methods: This descriptive, exploratory case series included five players identified while monitoring a 27-player Brazilian military soccer team in 2022. Clinical reports, ultrasonography, infrared thermography, CK, and LDH were examined. Baseline biochemical values were collected at the beginning of the season; post-event assessments were performed 48 hours after the reported episode. Results: Four episodes occurred in games and one during training. Three involved the ankle, one the knee, and one the posterior thigh. Pain scores ranged from 5 to 9. Four cases showed negative thermal differences and one showed positive differences under the adopted sign convention. CK and LDH values were higher than their respective season-baseline values in all five players. Conclusion: Combined assessment described structural, thermal, and biochemical findings but did not establish statistical associations, diagnostic accuracy, or causation. Larger longitudinal comparative studies are warranted.

[1] Laboratório do Exercício e do Esporte (LABEES), Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Brasil.
[2] Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx), Rio de Janeiro, Brasil.
[3] Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx), Rio de Janeiro, Brasil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

KEYWORDS: *Athletic Injuries, soccer, Diagnostic Imaging, Biochemistry, Athletes.*

RESUMEN
Objetivo: describir los hallazgos ecográficos, los patrones térmicos cutáneos y las concentraciones de creatina quinasa (CK) y lactato deshidrogenasa (LDH) en cinco futbolistas con síntomas musculoesqueléticos. Métodos: serie descriptiva y exploratoria de cinco casos identificados durante el seguimiento de un equipo militar de 27 jugadores en 2022. Se analizaron los relatos clínicos, la ecografía, la termografía infrarroja y los valores de CK y LDH. Los valores bioquímicos iniciales se obtuvieron al comienzo de la temporada y las evaluaciones posteriores se realizaron 48 horas después del episodio. Resultados: cuatro episodios ocurrieron durante partidos y uno durante un entrenamiento. Tres afectaron al tobillo, uno a la rodilla y uno a la región posterior del muslo. Las puntuaciones de dolor oscilaron entre 5 y 9. Cuatro casos presentaron diferencias térmicas negativas y uno positivas, según la convención utilizada. Los cinco jugadores mostraron valores de CK y LDH superiores a los registrados al inicio de la temporada. Conclusión: la evaluación conjunta permitió describir hallazgos estructurales, térmicos y bioquímicos, sin demostrar correlaciones estadísticas, precisión diagnóstica ni causalidad. Se requieren estudios longitudinales comparativos.

PALABRAS CLAVE: *lesiones deportivas, fútbol, diagnóstico por imagen, bioquímica, atletas.*

1. INTRODUÇÃO

A termografia infravermelha (TIV) é um método de diagnóstico por imagem, não invasivo, que utiliza a imagem infravermelha para identificar alterações no fluxo sanguíneo cutâneo, que é representado pela temperatura da pele. Na área esportiva, a TIV vem sendo utilizada para análise da carga interna de treino, assimetria e prevenção de lesões (Mello *et al.*, 2022; Romão *et al.*, 2021). A TIV tem se mostrado uma ferramenta confiável para controlar e monitorar a carga interna e as lesões esportivas, sendo considerada como um importante auxílio ao diagnóstico clínico (Côrte et al., 2019).

Em adição, a melhora na tecnologia da ultrassonografia (US) aumentou a popularidade e o uso para o diagnóstico das lesões musculoesqueléticas. É uma modalidade dinâmica de imagem que elevou a acurácia e eficácia, inclusive em procedimentos minimamente invasivos, como as infiltrações guiadas (Centurion *et al.*, 2018). A ultrassonografia, nas avaliações das lesões musculares em atletas, pode ter seu direcionamento justificado por ser rápida e relativamente de baixo custo, isenta de radiação e com boa resolução espacial, além da possibilidade de portabilidade do equipamento (Paoletta *et al.*, 2021).

Outros métodos de diagnóstico de lesão em atletas são realizados por meio das análises de marcadores bioquímicos como a creatina quinase (CK) (Brancaccio; Maffulli; Limongelli, 2007) e lactato desidrogenase (LDH) (Khan *et al.*, 2020). Essas enzimas (CK e LDH) vêm sendo utilizadas para a mensuração de danos musculares e inflamatórios para identificar a resposta fisiológica provocada pelos exercícios físicos e auxiliar na melhora do desempenho esportivo (Sales *et al.*, 2021).

As lesões estão associadas aos esportes de alta performance e no futebol a prevalência de lesões é cerca de 15% durante toda a temporada, acometendo de 65 a 95% dos jogadores (Gómez-Carmona et al., 2020). O diagnóstico precoce, por meio de tecnologias disponíveis relacionadas à saúde e desempenho fisiológico, é determinante para melhorar o processo de monitoramento e tratamento de lesões esportivas, a fim de otimizar o desempenho geral dos jogadores de futebol (Almulla *et al.*, 2020).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

A US fornece informações morfológicas sobre tecidos musculoesqueléticos, enquanto a TIV registra a distribuição da temperatura superficial da pele, influenciada por fatores vasomotores e ambientais; CK e LDH, por sua vez, são indicadores bioquímicos inespecíficos de resposta ao exercício e possível dano tecidual. Essas medidas não são intercambiáveis e podem variar conforme a carga de treinamento, o tempo de coleta e as características individuais. Ainda são necessários estudos que esclareçam como os diferentes achados se apresentam em conjunto, sem pressupor melhora da acurácia diagnóstica. Assim, este estudo descritivo e exploratório objetivou caracterizar achados de US, TIV, CK e LDH em cinco futebolistas com queixas de lesão durante a temporada.

2. METODOLOGIA

2.1. Delineamento do estudo

Série de cinco estudos de caso, de natureza observacional, descritiva e exploratória, sem grupo controle nem avaliação formal de desempenho diagnóstico (Thomas *et al.*, 2012).

2.2. Amostra

Foi acompanhada uma equipe da seleção militar do Exército Brasileiro composta por 27 futebolistas durante a temporada de 2022. Cinco atletas com queixas musculoesqueléticas durante jogos ou treinamentos foram incluídos nesta descrição. Trata-se de seleção por ocorrência clínica, não de amostragem probabilística; não foram calculadas taxas de incidência ou prevalência.

Foram considerados elegíveis atletas com relato de dor durante ou após jogo ou treino; atletas com lesão conhecida antes da temporada foram excluídos conforme os critérios originalmente descritos. A identificação inicial baseou-se na queixa clínica, complementada pelos exames. O registro disponível descreve pontuações de dor de 0 a 10, foi empregada escala numérica e os resultados são apresentados como escores autorreferidos de dor.

2.3. Ética em pesquisa

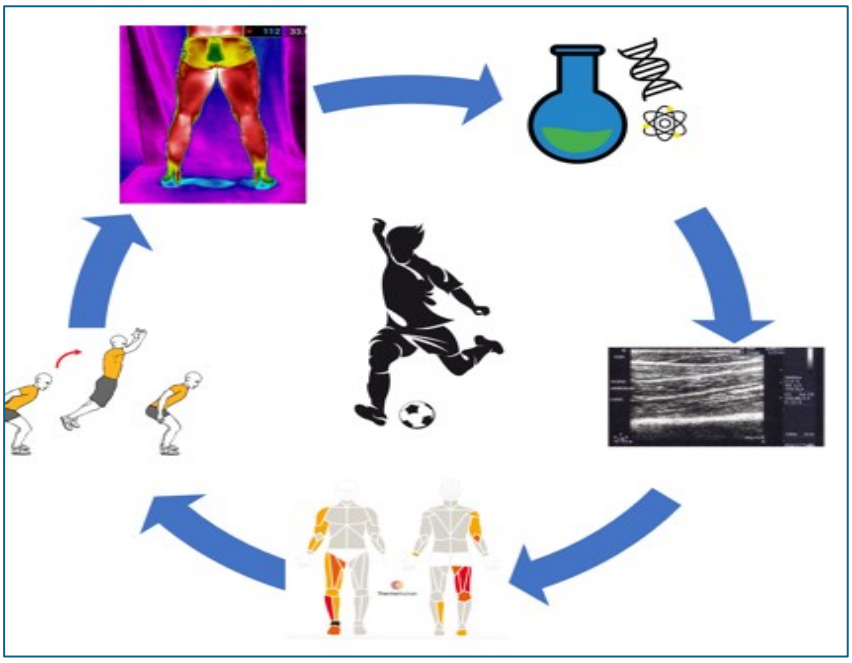
O presente trabalho atendeu às Normas para a Realização de Pesquisa em Seres Humanos, Resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde de 12/12/2012. Esse projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa do CCFEx por meio da Plataforma Brasil e aprovado sob o número CAAE 63473922.3.0000.9433.

2.4. Procedimentos de coleta de dados

Foi realizada a avaliação da composição corporal por bioimpedância (InBody 270), além de ultrassonografia musculoesquelética, termografia infravermelha e análises bioquímicas (Figura 1).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

Figura 1. Desenho do estudo



Fonte: autores.

Composição corporal: foi aferida por bioimpedância com o equipamento InBody 270 (InBody®, Body Composition Analyzers, Coreia do Sul), sendo coletadas as variáveis: a) massa de gordura corporal; b) massa muscular esquelética; c) massa livre de gordura; d) índice de massa corporal (IMC); e) massa magra; f) percentual de gordura corporal; g) taxa metabólica basal (TMB), através do processo de bioimpedância segmentar direta multifrequência (Sebastiá-Rico *et al.*, 2023).

Ultrassonografia muscular: foi utilizado o equipamento de ultrassonografia portátil Sonosite Nanomaxx® com transdutor linear multifrequencial modelo L38xi de 10 a 5 MHz e 9 cm de profundidade para realização do exame físico. O exame de imagem por meio de ultrassom é não invasivo e permite visualizar, com detalhes, as movimentações e anormalidades nas estruturas musculares e extra-articulares (Becker *et al.*, 2016).

Termografia infravermelha (TIV): foi utilizada uma câmera infravermelha modelo FLIR E75®, em repouso, pela manhã, em uma sala climatizada (23,7 °C e 61% de umidade relativa do ar), onde o atleta permaneceu em pé por 15 minutos para aclimatação e captura da imagem termográfica na posição anatômica para as regiões de interesse (ROIs) dos membros inferiores vista anterior e posterior. A captura da imagem termográfica foi realizada a uma distância média de 0,70 a 1,20 m. As imagens obtidas foram processadas utilizando o software *ThermoHuman*® (Mello *et al.*, 2022).

As diferenças térmicas foram descritas em graus Celsius e interpretadas exploratoriamente conforme os intervalos adaptados de Côrte *et al.* (2019). A magnitude absoluta foi utilizada para classificar a assimetria; o sinal foi mantido apenas para indicar a direção da diferença conforme o registro original. A ausência de dados documentados de emissividade, calibração e controle de fatores externos limita a reprodutibilidade. No atleta C, o registro termográfico foi descrito como região posterior da coxa direita (−0,4 °C), em correspondência

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

topográfica geral com a queixa e com a lesão do bíceps femoral direito descrita à ultrassonografia. A confirmação da ROI específica e da orientação do sinal depende da revisão das imagens e dos metadados originais; não se presume identificação de músculo específico pela termografia. A emissividade e a calibração instrumental não foram recuperadas nos registros disponíveis e não são presumidas a partir de valores usuais de literatura.

Tabela 1. Valores de referência de assimetria para TIV

Magnitude da diferença térmica absoluta (°C)	Interpretação descritiva
< 0,2	Muito leve
0,2 a < 0,5	Leve
0,5 a 1,0	Moderada
> 1,0 a 1,5	Grave
> 1,5	Severa

Fonte: classificação operacional adaptada de Côrte *et al.* (2019); faixas ajustadas para eliminar lacunas e sobreposições. Não constitui regra validada de decisão clínica.

Marcadores bioquímicos de lesão e inflamação tecidual: as coletas de sangue de creatina quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH) ocorreram em jejum antes da realização das avaliações. As amostras de sangue (12 mL) dos indivíduos foram coletadas pela veia antecubital, com os indivíduos permanecendo em uma posição sentada. Imediatamente após as coletas, o sangue foi centrifugado e o soro analisado pelo analisador automatizado bioquímico BT 3000 (Wiener Lab) para quantificação dos marcadores bioquímicos estudados (CK e LDH).

O material de coleta foi descartável. O gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde deve observar a RDC Anvisa nº 222/2018, que substituiu a RDC nº 306/2004. As análises foram realizadas em duplicata, com coeficiente de variação informado inferior a 3% (Gemelli, 2020). Não estão documentados os intervalos de referência laboratoriais nem o tempo desde a última atividade física para cada coleta.

Dor: os participantes relataram intensidade em escala de 0 (ausência de dor) a 10 (máxima dor percebida).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cinco casos são apresentados conforme histórico, contexto (treino ou jogo), localização da queixa, achados ultrassonográficos e termográficos, intensidade da dor e concentrações de CK e LDH (Tabela 2).

A Tabela 2 apresenta os registros individuais de 2022. Os valores de CK e LDH designados como “pré” correspondem ao início da temporada, e não a medidas imediatamente anteriores à lesão; os valores “pós” foram coletados 48 horas após o episódio. As imagens de US e TIV também foram obtidas 48 horas após o relato de lesão. Assim, as variações não podem ser atribuídas exclusivamente ao evento. O intervalo entre a última sessão de exercício e cada avaliação não foi registrado de maneira individualizada, o que limita a atribuição causal das variações térmicas e enzimáticas ao episódio relatado.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

Tabela 2. Descrição dos casos de lesão no futebol

Caso	Histórico	Relato
Atleta A Meio de Campo 38 anos 180 cm 77,6 kg 14,9 %G Dominância D	Histórico da lesão	O atleta relatou dor saindo antes do término do primeiro tempo (28 min de jogo) e 48 h após, foram realizados os exames
	Condição	Jogo
	Local da lesão	Tornozelo
	Diagnóstico US	Tendinite no calcâneo direito.
	Diagnóstico TIV	Assimetria severa nas ROIs da parte posterior da perna: perna interna (−2,0 °C), perna externa (−2,07 °C), Aquiles (−2,03 °C) e pé (−1,01 °C), com hipotermia no membro direito (afetado pela lesão).
	EVA	9
	CK	Pré=231; pós=296; %=28,14
	LDH	Pré=305; pós=363; Δ%=19,02
Atleta B Lateral 23 anos 171 cm 72,1 kg 20,2 %G Dominância D	Histórico da lesão	O atleta relatou dor muscular de início tardio (DMIT) calcanhar direito 24 h pós-jogo.
	Condição	Jogo
	Local da lesão	Tornozelo
	Diagnóstico US	Tendinite no tendão calcâneo direito
	Diagnóstico TIV	Assimetria moderada na ROI tornozelo direito (-0,53ºC) com hipotermia no local da dor.
	EVA	7
	CK	Pré=153; pós=384; Δ%=150,98
	LDH	Pré=298; pós=346; Δ=16,11
Atleta C Meio de campo 32 anos 187 cm 83,1 kg 9,9 %G Dominância D	Histórico da lesão	O atleta relatou dor intensa no posterior direito 5 min após início do primeiro tempo de jogo.
	Condição	Jogo
	Local da lesão	Posterior de coxa
	Diagnóstico US	Lesão intramuscular no bíceps femoral direito.
	Diagnóstico TIV	Assimetria térmica leve na região posterior da coxa direita (−0,4 °C), com menor temperatura cutânea em relação à região contralateral, conforme registro apresentado. A localização anatômica exata da ROI e a convenção de sinal não foram claras. A TIV não identifica isoladamente o músculo lesionado.
	EVA	7
	CK	Pré=183; pós=606; Δ%=231,15
	LDH	Pré=311; pós=409; Δ%=31,51
Atleta D Centroavante 26 anos	Histórico da lesão	O atleta torceu o joelho esquerdo durante um jogo treino.
	Condição	Treino
	Local da lesão	Joelho

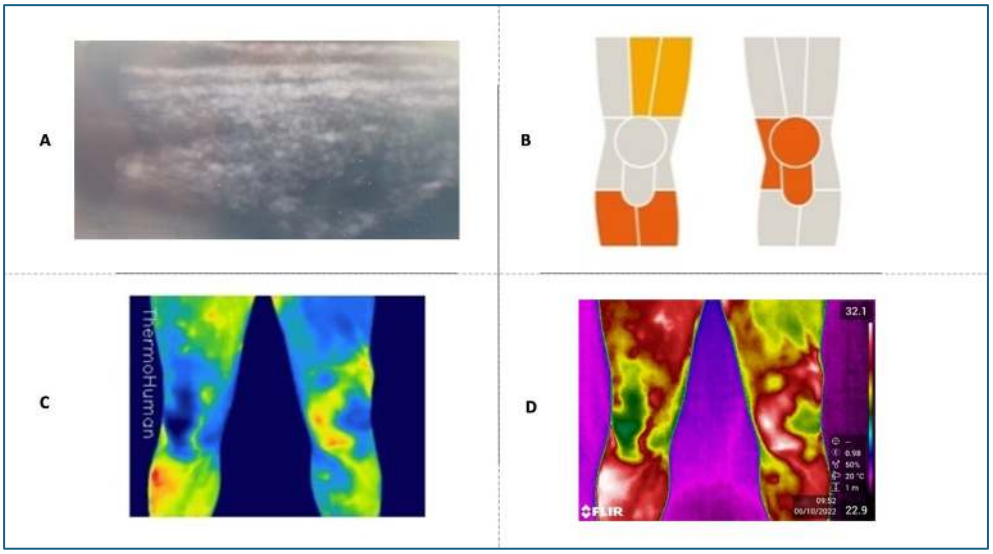
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

187 cm 94 kg 11,7 %G Dominância D	Diagnóstico US	Tendinite no tendão da pata de ganso com alteração ecográfica do ligamento colateral medial por possível lesão intra-articular (ligamento cruzado e/ou menisco)
	Diagnóstico TIV	Assimetria moderada com hipertermia nas ROIs do joelho esquerdo: patela (0,88 °C), tendão patelar (0,63 °C) e joelho interno (medial) (0,82 °C).
	EVA	7
	CK	Pré=262; pós=574; Δ%=119,08
	LDH	Pré=307; pós=420; Δ%=36,81
Atleta E Zagueiro 24 anos 190 cm 86,1 kg 7,4 %G Dominância D	Histórico da lesão	O atleta relatou dor intensa no tendão de Aquiles esquerdo pós jogo.
	Condição	Jogo
	Local da lesão	Tornozelo
	Diagnóstico US	Alteração textural na topografia do ligamento talofibular sugerindo lesão prévia
	Diagnóstico TIV	Assimetria leve na ROI tornozelo esquerdo (−0,2 °C) com hipotermia no local da dor.
	EVA	5
	CK	Pré=197; pós=435; Δ%=120,81
	LDH	Pré= 302; pós=330; Δ%=9,27

Legenda: cm (centímetros); kg (quilogramas); %G (percentual de gordura); US (ultrassonografia); TIV (termografia infravermelha); EVA (escala analógica da dor); CK (creatina quinase); LDH (lactato desidrogenase); °C (graus Celsius); Δ% (variação percentual); Dominância D (direita).

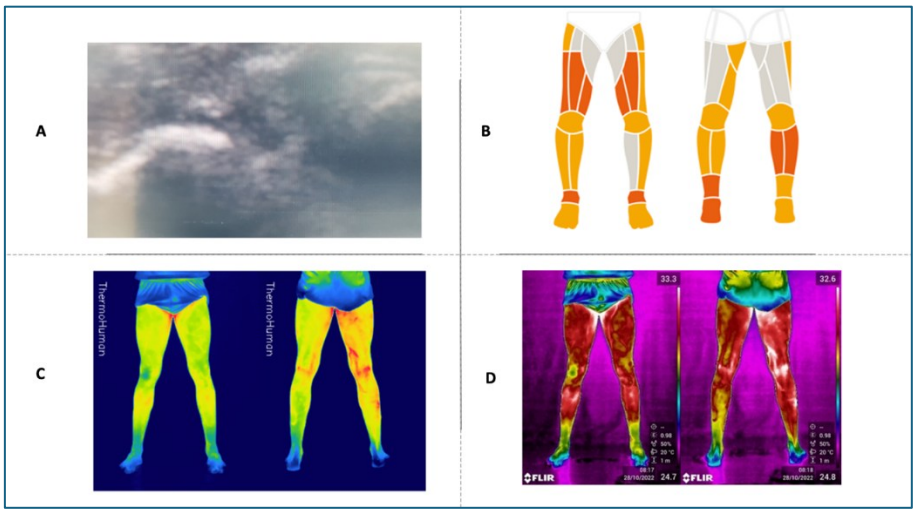
As Figuras 2 e 3 ilustram achados de US e TIV nos atletas D e E, respectivamente. As modalidades avaliam propriedades distintas; sua apresentação lado a lado não constitui demonstração de concordância diagnóstica ou validação independente.

Figura 2. Exemplo de avaliação de lesões por imagem com ultrassonografia (US) e termografia infravermelha (TIV). (A) ultrassonografia; (B) avatar da TIV; (C) imagem tratada por software da TIV; (D) imagem câmera de TIV do atleta D



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

Figura 3. Exemplo de avaliação de lesões por imagem com ultrassonografia (US) e termografia infravermelha (TIV). (A) ultrassonografia; (B) avatar da TIV; (C) imagem tratada por *software* da TIV; (D) imagem câmera de TIV do atleta E



A análise individual dos casos demonstrou dois meio-campistas, um lateral, um centroavante e um zagueiro. Quatro episódios ocorreram em jogos e um em treino. Quanto à localização relatada, foram três casos no tornozelo, um no joelho e um na região posterior da coxa. Os escores de dor variaram de 5 a 9. Esses números representam somente a distribuição dos cinco casos e não estimativas epidemiológicas por posição ou segmento anatômico.

A investigação teve início nas queixas clínicas dos atletas, seguidas da descrição do episódio, localização da dor, escores autorreferidos e avaliações por US, TIV e biomarcadores.

A US descreveu alterações tendíneas nos atletas A, B e D, alteração intramuscular do bíceps femoral direito no atleta C e achado ligamentar sugestivo de alteração prévia no atleta E. No caso E, a imagem isolada não confirma lesão ligamentar aguda. As diferenças térmicas e os aumentos de CK e LDH foram descritos concomitantemente, sem teste de associação.

A TIV registra diferenças de temperatura cutânea entre regiões de interesse, e não mede diretamente força muscular, amplitude articular ou alterações biomecânicas. Assimetria térmica pode coexistir com queixas musculoesqueléticas, mas sua origem e relevância clínica exigem interpretação contextual e confirmação por métodos apropriados (Liveris *et al.*, 2023).

Entre alguns fatores de risco para lesões esportivas agudas estão os fatores internos relacionados ao atleta, e os extrínsecos, incluindo fatores ambientais, equipamentos e carga de treino. Fatores com características neuromusculares, como desequilíbrio de força e flexibilidade, são considerados fatores modificáveis (Liveris *et al.*, 2023). Assim, usar novas metodologias para compreender e identificar a complexidade das lesões esportivas torna-se essencial para prevenção e tratamento.

Na termografia infravermelha, observaram-se diferenças térmicas de magnitudes distintas: quatro casos apresentaram valores negativos (A, B, C e E) e um, positivos (D), segundo a convenção dos registros originais. A direção do sinal deve ser interpretada conforme a ordem

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

das regiões comparadas, não como prova isolada de inflamação ou diagnóstico. Três episódios envolveram o lado dominante direito (A, B e C).

A grande quantidade de lesões no futebol está relacionada à complexa interação entre jogadores (colaboração-oposição), ao esforço multidirecional com transição aleatória de esforço de baixa a alta intensidade, e ao percurso total entre 9 e 14 km durante uma partida. As corridas de alta intensidade representam aproximadamente 10% da distância percorrida e nessas ações estão as maiores chances de ocorrência de lesão (García-Aliaga *et al.*, 2021).

Um estudo realizado com jogadores de futebol da primeira divisão de um time de futebol da Espanha, utilizando a TIV, mostrou que as regiões mais suscetíveis a lesões e responsáveis pelas ausências dos jogadores são a coxa, o joelho, o quadril e a virilha. Esse estudo investigou se um programa de monitoramento com TIV poderia contribuir para a redução da incidência de lesões nessas regiões, garantindo aos atletas maior participação em sessões de treinamento e em partidas oficiais (Gómez-Carmona et al., 2020).

A taxa de incidência de lesões e recidivas musculares de atletas de futebol é muito alta e pode interferir no destino de um campeonato (Melegati et al., 2013). A TIV permite uma análise não invasiva das funções fisiológicas relacionadas ao controle da temperatura da pele, que é influenciada por uma lesão esportiva. A inflamação resulta em hipertermia, enquanto a degeneração, diminuição da atividade muscular e má perfusão podem levar a um padrão hipotérmico (Menezes *et al.*, 2018).

Os jogadores de futebol durante os treinos ou partidas realizam uma sequência de contrações concêntricas e excêntricas, que podem induzir ao dano muscular e, consequentemente, aumento da temperatura da pele (TP) (Gómez-Carmona et al., 2020). Essas contrações são frequentes em movimentos de corrida de velocidade, *sprints* e saltos realizados pelos atletas. Em indivíduos submetidos a um protocolo de exercício agudo de saltos pliométricos (semelhante àqueles realizados por jogadores de futebol durante treinos ou jogos) foi observado um aumento significativo nos níveis de CK e dor muscular tardia (DMT) em 24 h e 48 h após o exercício, mas sem diferença significativa entre os momentos analisados e o aumento da temperatura da pele (Santana *et al.*, 2022).

Uma revisão sistemática com meta-análise discutiu a relação entre temperatura cutânea e CK, sem estabelecer equivalência entre esses indicadores (Dos Santos *et al.*, 2022). Neste estudo, os cinco atletas apresentaram CK mais elevada 48 horas após o episódio do que no início da temporada; contudo, não foram testadas correlações e não se pode excluir a influência da carga acumulada de treinamento, da variabilidade individual e do intervalo entre exercício e coleta.

Convém destacar que em um estudo realizado com atletas de futebol de alta performance participantes dos principais campeonatos europeus, a maioria das lesões ocorreu durante os primeiros 30 minutos de jogo. Assim, parece improvável que a fadiga desempenhe um papel importante nessa situação (De Carli *et al.*, 2022).

Por outro lado, ao analisar a eficiência na recuperação de jogadores de futebol durante toda uma temporada competitiva, entre 17 h e 24 h após uma partida, foi observado que o LDH reduziu com o tempo. Essa redução pode ser um bom marcador para monitoramento de períodos de recuperação (Nowakowska *et al.*, 2019). No presente estudo, os valores de LDH variaram

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

com aumento entre 9 e 37% no momento pós-lesão. Isso também foi identificado em jovens jogadores de futebol que apresentaram um aumento nos níveis de LDH entre 24 h e 48 h após a realização de testes de aptidão física (consumo de oxigênio máximo, força e potência) (Mostafafarkhani *et al.*, 2022).

Em estudos com futebolistas, marcadores como LDH, IL-6 e TNF-α têm sido discutidos no contexto da resposta ao esforço e da inflamação (Sarkar *et al.*, 2023). Aqui, IL-6 e TNF-α não foram medidos. As principais limitações incluem apenas cinco casos, ausência de grupo comparativo e padrão independente de confirmação diagnóstica, seleção baseada em queixas, inexistência de análise estatística de associação, ausência de dados individuais de carga e recuperação, medidas basais coletadas no início da temporada, falta de documentação do tempo desde a última atividade física, de calibração/emissividade da TIV, de referências laboratoriais e de padronização e independência da interpretação das imagens. Não foram acompanhados desfechos funcionais ou retorno ao esporte.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação conjunta dos métodos permitiu descrever alterações estruturais, térmicas e bioquímicas nos cinco casos investigados, sugerindo possibilidades de complementaridade que necessitam de confirmação em estudos com amostras maiores. Não foi demonstrada correlação estatística, superioridade diagnóstica, eficácia preventiva ou relação causal entre os achados.

Os resultados são restritos aos episódios descritos e não permitem inferir prevalência de lesões, mecanismos de ocorrência, velocidade de recuperação ou segurança do retorno ao esporte. A interpretação deve considerar a avaliação clínica individual e as limitações de cada modalidade.

Recomendam-se estudos que investiguem a associação dos exames de imagem (US e TIV) com outros marcadores inflamatórios (IL-6, TNF-α) em modalidades esportivas que contenham gestos esportivos com contrações excêntricas de alta intensidade.

4.1. Aplicações práticas

A ultrassonografia pode contribuir para a avaliação estrutural de lesões musculoesqueléticas por profissionais habilitados. Sua utilização deve considerar o contexto clínico, a experiência do examinador e os protocolos apropriados.

A termografia pode complementar a descrição de padrões de temperatura cutânea quando aplicada em condições ambientais e de aquisição padronizadas, sem substituir exame clínico ou confirmar isoladamente uma lesão.

A integração exploratória de US, TIV e biomarcadores pode orientar hipóteses para estudos futuros. Para avaliar valor diagnóstico incremental, são necessários desenhos prospectivos, referência clínica independente, monitoramento longitudinal de carga e recuperação e avaliação da precisão dos métodos.

DECLARAÇÕES

Conflito de interesses: os autores declaram não haver conflito de interesses.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

Financiamento: os autores declaram não ter recebido financiamento para esta pesquisa. Uso de inteligência artificial: foi utilizada ferramenta de inteligência artificial como apoio à revisão linguística e editorial da versão revisada, com supervisão e responsabilidade científica dos autores.

Contribuição dos autores (taxonomia CRediT; atribuições a serem validadas pelos coautores): Carlos Bruno Reis Pinheiro, Leandro de Lima e Silva, José Mauro Maia Junior e Danielli Braga de Mello — conceituação, investigação/coleta de dados, análise e interpretação dos resultados e redação do manuscrito, conforme indicação dos autores. Leandro de Lima e Silva, Marcio Sena, Rodrigo Gomes de Souza Vale e Rodolfo de Alkmim Moreira Nunes.

REFERÊNCIAS

ALMULLA, J.; TAKIDDIN, A.; HOUSEH, M. The use of technology in tracking soccer players' health performance: a scoping review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, v. 20, p. 1-10, 2020.

BECKER, D. M. *et al.* The use of portable ultrasound devices in low- and middle-income countries: a systematic review of the literature. *Tropical Medicine & International Health*, v. 21, n. 3, p. 294-311, 2016.

BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. British Medical Bulletin, v. 81-82, 2007.

CENTURION, A. J.; YOUMANS, H.; ZENI, I. M. Use of the musculoskeletal ultrasound and regenerative therapies in soccer. *American Journal of Orthopedics*, v. 1, p. 1-10, 2018.

CÔRTE, A. C.; PEDRINELLI, A.; MARTTOS, A.; SOUZA, I. F. G.; GRAVA, J.; HERNANDEZ, A. J. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, v. 5, n. 1, p. 1-5, 2019.

DE CARLI, A. *et al.* Anterior cruciate ligament injury in elite football players: video analysis of 128 cases. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, v. 62, n. 2, p. 222-228, 2022.

DOS SANTOS, T. M. *et al.* Correlation between creatine kinase (CK) and thermography: a systematic review with meta-analysis. 2022.

GARCÍA-ALIAGA, A. *et al.* Comparative analysis of soccer performance intensity of the pre-post-lockdown COVID-19 in LaLiga™. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 7, artigo 3685, 2021.

GEMELLI, T. *Manual prático de microbiologia clínica*. São Leopoldo: Unisinos, 2020.

GÓMEZ-CARMONA, P.; FERNÁNDEZ-CUEVAS, I.; SILLERO-QUINTANA, M.; ARNAIZ-LASTRAS, J.; NAVANDAR, A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. *Journal of Sport Rehabilitation*, v. 29, n. 8, p. 1222-1227, 2020.

KHAN, A. A.; ALLEMAILEM, K. S.; ALHUMAYDHI, F. A.; GOWDER, S. J. T.; RAHMANI, A. H. The biochemical and clinical perspectives of lactate dehydrogenase: an enzyme of active metabolism. Endocrine, Metabolic & Immune Disorders - Drug Targets, v. 20, n. 6, p. 855-868, 2020.

LIVERIS, N. I.; TSARBOU, C.; PAPAGEORGIOU, G.; TSEPIS, E.; FOUSEKIS, K.; BILLIS, E.; XERGIA, S. A. The multiple factors that contribute to noncontact lower extremity sports injuries. *Archives of Hellenic Medicine*, v. 40, n. 2, p. 162-169, 2023.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org

MELEGATI, G. *et al.* Reducing muscle injuries and reinjuries in one Italian professional male soccer team. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, v. 3, n. 4, p. 324-330, 2013.

MELLO, D. B. de; MOREIRA, D. G.; NEVES, E. B. Termorregulação e estresse ambiental. In: NEVES, A. N.; MUNIZ, A. M. de S.; MEIRELLES, C. de M.; MELLO, D. B. de; RODRIGUES, L. C.; MAINENTI, M. R. M. (org.). *Ciência aplicada ao exercício físico e ao esporte*. Curitiba: Appris, 2022. v. 1, p. 47-66.

MENEZES, P. *et al.* Effects of strength training program and infrared thermography in soccer athletes injuries. *Sports*, v. 6, n. 4, artigo 148, 2018.

MOSTAFAFARKHANI, B. *et al.* The effect of cold water immersion recovery on sport performance and muscle damage biomarkers subsequent repeated sprint activities in young male soccer players. *Sport Physiology & Management Investigations*, v. 14, n. 2, p. 151-162, 2022.

NOWAKOWSKA, A. *et al.* Blood biomarkers of recovery efficiency in soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 18, artigo 3279, 2019.

PAOLETTA, M.; MORETTI, A.; LIQUORI, S.; SNICHELOTTO, F.; MENDITTO, I.; TORO, G.; GIMIGLIANO, F.; IOLASCON, G. Ultrasound imaging in sports-related muscle injuries: pitfalls and opportunities. Medicina, v. 57, n. 10, artigo 1040, 2021.

ROMÃO, W.; MELLO, D. B.; NEVES, E. B.; DIAS, T.; SANTOS, A. O. B.; ALKMIM, R.; VALE, R. G. S. The use of infrared thermography in endurance athletes: a systematic review. Motricidade, v. 17, n. 2, p. 193-203, 2021.

SALES, T. D.; MELLO, D. B.; ROMÃO, W. S.; NUNES, R. A. M.; NEVES, E. B.; CASTRO, J. B. P.; VALE, R. G. S. Biomarkers of tissue injury in high-intensity interval running: a systematic review. Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício, v. 20, n. 4, p. 490-502, 2021.

SANTANA, P. V. A. *et al.* Relationship between infrared thermography and muscle damage markers in physically active men after plyometric exercise. Journal of Thermal Biology, v. 104, artigo 103187, 2022.

SARKAR, S. *et al.* Prediction of aerobic and anaerobic capacity from selected oxidative stress parameters, muscle damage indices and inflammatory markers in soccer and hockey players. *Polish Journal of Sport and Tourism*, v. 30, n. 1, p. 3-10, 2023.

SEBASTIÁ-RICO, J. *et al.* Differences in body composition between playing positions in men's professional soccer: a systematic review with meta-analysis. *Applied Sciences*, v. 13, n. 8, artigo 4782, 2023.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. *Métodos de pesquisa em atividade física*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados. https://rcpef.org