

A UTILIZAÇÃO DA CÂMERA TERMOGRÁFICA NO ACOMPANHAMENTO DA PERFORMANCE ESPORTIVA E PREDIÇÃO DE LESÕES

THE USE OF THERMAL CAMERA IN MONITORING SPORTS PERFORMANCE AND PREDICTION OF INJURIES

LA UTILIZACIÓN DE LA CÁMARA TERMOGRÁFICA EN EL SEGUIMIENTO DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA PREDICCIÓN DE LESIONES

Felipe Peixoto Lasmar¹
Pedro Ivo Costa Morais de Assis²
Ana Tereza de Freitas Lanza³
Luiza Marinho Motta Santa Rosa⁴
Vívian Costa Morais de Assis⁵
Beatriz Libero Abdalla⁶

RESUMO: Este estudo analisou o uso da câmera termográfica no acompanhamento de atletas e na previsão de lesões através de uma revisão sistemática de artigos eletrônicos. Inicialmente, foram selecionados 9 estudos em inglês publicados de 2020 a 2022 após uma pesquisa na base de dados PubMed com o descritor "câmera termográfica em atletas". O estudo de Bandeira et al. (2014) investigou a variação de temperatura e de CK em diferentes momentos pós-treino e pós-partida, confirmando a termografia como um método diagnóstico confiável para lesões, enquanto a CK mostrou-se menos específica devido à variabilidade individual e à elevação tardia no nível sérico. Em relação aos modelos de câmera, o estudo de Machado et al. (2021) comparou três dispositivos termográficos, concluindo que a câmera de maior resolução (E6obx) proporcionou os melhores resultados devido à sua capacidade de análise detalhada da musculatura dos atletas. O monitoramento precoce de lesões musculares é crucial, destacando a termografia como uma ferramenta promissora na Medicina Esportiva. Pesquisas adicionais são necessárias para entender melhor seu papel na prevenção secundária de lesões, além de padronizar protocolos e treinar operadores adequadamente.

2809

Palavras-chave: Termografia. Prevenção de lesões. Medicina esportiva.

ABSTRACT: This study analyzed the use of thermal cameras in monitoring athletes and predicting injuries through a systematic review of electronic articles. Initially, 9 studies published in English from 2020 to 2022 were selected following a search on the PubMed database using the descriptor "thermal camera in athletes." Bandeira et al.'s study (2014) examined temperature and CK variation at different times post-training and post-match, confirming thermography as a reliable diagnostic method for injuries, whereas CK proved less specific due to individual variability and delayed serum elevation. Regarding camera models, Machado et al. (2021) compared three thermal devices, concluding that the highest resolution camera (E6obx) yielded the best results due to its detailed analysis capability of athletes' musculature. Early monitoring of muscular injuries is crucial, highlighting thermography as a promising tool in Sports Medicine. Further research is needed to better understand its role in secondary injury prevention, as well as to standardize protocols and adequately train operators.

Keywords: Thermography. Injury prevention. Sports medicine.

¹ Estudante de Medicina. Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG).

² Estudante de Medicina. Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG).

³ Estudante de Medicina. Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG).

⁴ Estudante de Medicina. Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG).

⁵ Estudante de Medicina. Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG).

⁶ Estudante de Medicina. Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG).

RESUMEN: Este estudio analizó el uso de la cámara termográfica en el seguimiento de atletas y en la predicción de lesiones a través de una revisión sistemática de artículos electrónicos. Inicialmente, se seleccionaron 9 estudios en inglés publicados entre 2020 y 2022 tras una búsqueda en la base de datos PubMed con el descriptor "cámara termográfica en atletas". El estudio de Bandeira et al. (2014) investigó la variación de temperatura y de CK en diferentes momentos post-entrenamiento y post-partido, confirmando que la termografía es un método diagnóstico confiable para lesiones, mientras que la CK resultó menos específica debido a la variabilidad individual y al aumento tardío en el nivel sérico. En cuanto a los modelos de cámara, el estudio de Machado et al. (2021) comparó tres dispositivos termográficos, concluyendo que la cámara de mayor resolución (E60bx) proporcionó los mejores resultados debido a su capacidad de análisis detallado de la musculatura de los atletas. El monitoreo temprano de las lesiones musculares es crucial, destacando la termografía como una herramienta prometedora en la Medicina Deportiva. Se requiere investigación adicional para comprender mejor su papel en la prevención secundaria de lesiones, así como para estandarizar protocolos y capacitar adecuadamente a los operadores.

Palabras clave: Termografía. Prevención de lesiones. Medicina deportiva.

INTRODUÇÃO

A lesão no esporte é caracterizada como qualquer reclamação física feita por um atleta, oriunda de alguma atividade esportiva, independentemente da necessidade médica ou do tempo gasto para aquela atividade. No que tange à prevalência destas lesões, os tipos mais frequentes são: contusões, estiramentos musculares e entorses (BANDEIRA, *et al.*, 2014). Lesões musculares ocupam um papel central na medicina esportiva, visto que são muito comuns, podem ser responsáveis pelo afastamento de diversos atletas das suas atividades e causar prejuízo financeiro ao clube. Nessa perspectiva, essas lesões constituem 31% de todas as lesões do futebol de elite e possuem uma elevada prevalência nos mais variados tipos de esportes. Exemplificando tal fato, sabe-se que os diagnósticos de lesões em músculos da coxa são comuns no atletismo (16%), no rúgbi (10,4%), no basquete (17,7%) e no futebol americano (46%) (BANDEIRA, *et al.*, 2014; SILVA, 2017).

Esportes intermitentes de longa duração, intensidade variável e movimentos diversos (saltar, chutar, lançamento de bolas, derrubar adversários, girar etc), tais como futebol, basquete e rúgbi, são líderes no que concerne à prevalência de lesões musculares. Dessa forma, nesses esportes, os músculos exercem frequentemente uma função excêntrica, a qual consiste no alongamento do músculo simultâneo à geração de tensão, o que causa alterações morfológicas nas fibras musculares. Assim, a força de tração imposta sobre um músculo pode levar a um

alongamento excessivo das fibras e levar a um rompimento da junção músculo tendínea, causando uma lesão (SILVA, 2017).

A presença de uma lesão é responsável por desencadear um processo inflamatório, o qual desencadeia um quadro de hipertermia local no indivíduo. Enquanto isto, a degeneração, a atividade muscular reduzida e a baixa perfusão sanguínea são responsáveis pelo processo inverso: a hipotermia. Diante disso, a termografia, a qual é um sistema de imagem térmica, fornece orientação visual e qualitativa de mudanças térmicas dos tecidos vasculares, possuindo o seu espaço na área esportiva. A termografia é um método não invasivo que, através de uma câmera termográfica, é capaz de identificar padrões térmicos corporais de cada segmento corpóreo. Nesse contexto, o processo inflamatório desencadeado pela lesão é responsável pela elevação do fluxo sanguíneo na região, o qual leva à hipertermia, que é identificada pela termografia, sendo um método de diagnóstico e prevenção de lesões. Ademais, esta tecnologia possui diversos outros benefícios que facilitam o seu uso, tais como: baixo custo, indolor, sem contato e isenta de radiação ionizante (BANDEIRA, 2014; COSTA, 2021).

Para a realização de uma análise termográfica precisa e fidedigna, deve-se ter em mente que diversos fatores podem alterar os resultados. Primeiramente, os fatores ambientais podem influenciar, como temperatura do ambiente, umidade relativa do ar e pressão atmosférica. Além disso, os fatores técnicos devem ser levados em conta, como o tipo de câmera e o software utilizado. Por fim, os fatores individuais, tais como sexo, idade, uso de medicamentos e o tipo de exercício físico são fundamentais de serem avaliados na termografia (SILVA, 2020). Sendo assim, a exposição a intensos raios solares é capaz de gerar um estado de hipertermia no atleta, enquanto um ambiente de clima frio pode levar à hipotermia, afetando nos registros da termografia.

Exemplificando ainda mais, ambientes com alta umidade prejudicam a evaporação, dificultando o não resfriamento do corpo. Do ponto de vista medicamentoso, a utilização de antitérmicos e anti-inflamatórios é responsável pela redução térmica, enquanto a cafeína possui efeito contrário, elevando a temperatura e aumentando o risco de desidratação (TOGO, *et al.*, 2019).

A termografia é uma tecnologia de suma importância para o acompanhamento do treinamento esportivo, pois avalia a quantificação da carga de trabalho em esportes individuais e

coletivos, sendo capaz de prevenir lesões musculares. As imagens, feitas através de uma câmera termográfica, são analisadas através de um software e são capazes de identificar pontos de calor na musculatura dos atletas. Estes diferentes grupos musculares são classificados de acordo com o nível de calor, dividindo-se, normalmente, como: leve, moderado, alto e muito alto. Assim, quando a análise do músculo em questão encontra-se como “alto” ou “muito alto”, é preferível que o atleta seja afastado dos treinamentos mais intensos e dos jogos oficiais. Esta medida é uma forma de prevenção, porquanto estes grupos musculares encontram-se fatigados e desgastados, estando, assim, mais propícios às lesões (SILVA, 2020).

Mediante a monitorização contínua feita pela termografia, é possível averiguar e comparar os níveis de assimetria de temperatura entre um membro dominante e o não dominante do atleta. Sendo assim, quanto maior a diferença térmica entre esses membros, maior é o nível de alarme no que tange à iminência de uma possível lesão. Exemplificando, caso a diferença térmica seja menor ou igual a $0,4^{\circ}\text{C}$, é normal e fisiológico do corpo, todavia, se esta diferença estiver entre $1,1^{\circ}\text{C}$ e $1,5^{\circ}\text{C}$, deve-se ligar um sinal de alarme. Por meio desta tecnologia, a comissão técnica do clube e o atleta podem tomar algumas condutas para a prevenção de lesões, como: reduzir o volume de trabalho individual, iniciar fisioterapia e evitar o impacto na zona assimétrica e alterada (JAVIER, 2014).

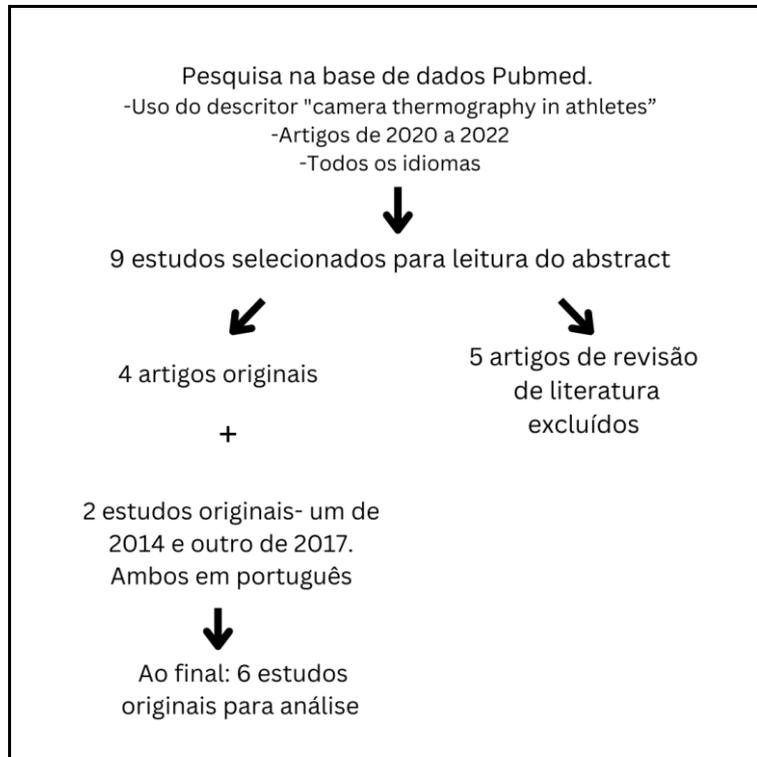
2812

Nessa perspectiva, o objetivo deste artigo consiste em analisar como o uso da câmera termográfica pode auxiliar no acompanhamento de atletas, bem como na predição de lesões.

MÉTODOS

Foi realizada uma revisão sistemática, com captação de artigos em meios eletrônicos. Primeiro, foi realizada uma pesquisa na base de dados Pubmed, com o descritor “camera thermography in athletes”. Selecionamos artigos em inglês, de 2020 a 2022, sendo encontrados apenas 9 estudos. Após leitura dos abstracts, apenas os estudos originais foram mantidos, restando apenas quatro artigos. Não houve distinção de língua estrangeira. Após a obtenção desses artigos, foram incluídos artigos relevantes, também de estudo original, datados de 2014 e 2017, em português. Ao todo, foram obtidos, portanto, 6 artigos originais, que foram analisados e distribuídos na tabela seguinte. Essa metodologia está ilustrada no esquema a seguir:

Figura 1: Estudos utilizados para análise



Fonte: elaborado pelos autores

RESULTADOS

Tabela 1: Análise dos artigos estudados

| Título do artigo | A TERMOGRAFIA NO APOIO AO DIAGNÓSTICO DE LESÃO MUSCULAR NO ESPORTE | PERFIL TÉRMICO DE MEMBROS INFERIORES DE JOGADORES DE FUTEBOL DE CATEGORIA DE BASE | INFLUENCE OF INFRARED CAMERA MODEL AND EVALUATOR REPRODUCIBILITY IN THE ASSESSMENT OF SKIN TEMPERATURE RESPONSES TO PHYSICAL EXERCISE | THE USE OF INFRARED THERMOGRAPHY FOR THE DYNAMIC MEASUREMENT OF SKIN TEMPERATURE OF MOVING ATHLETES DURING COMPETITION ; METHODOLOGICAL ISSUES | BEHAVIOR OF SKIN TEMPERATURE DURING INCREMENTAL CYCLING AND RUNNING INDOOR EXERCISES |
|------------------|--|---|---|--|--|
| | | | | | |

| | | | | | |
|-------------|--|--|--|---|---|
| Autores | Fábio Bandeira et al | Wylly Thiengo Côgo ¹ et al | Alvaro S. Machado et al | Polly E. Aylwin et al | Tatiane L Igarashi et al |
| Ano | 2014 | 2017 | 2021 | 2021 | 2022 |
| Objetivo | <p>Analisar a correlação entre a variação de temperatura da pele em diversos sítios corporais e a variação da CK, em dois momentos do ciclo de atividades dos atletas profissionais de rúgbi, para, dessa forma, avaliar a utilização da termografia como método de apoio ao diagnóstico de lesões musculares.</p> | <p>Analisar o perfil termográfico dos membros inferiores de jogadores de futebol das categoria de base sub-13 e sub-15</p> | <p>Determinar a reprodutibilidade do uso de 3 termógrafos com diferentes características, considerando as medidas antes e após o exercício físico.</p> | <p>Estabelecer se a termografia pode ser utilizada para coletar dados de temperatura da pele de atletas em exercício, durante a competição, usando câmeras MWIR e LWIR. Determinar, ainda, o impacto de métodos de seleção de Regiões de Interesse (ROI) de diferentes tamanhos. Por fim, investigar a influência de fatores que não podem ser controlados na competição na medição da temperatura, como temperatura refletida, temperatura do ar e umidade relativa.</p> | <p>Investigar a distribuição da temperatura da pele durante testes de corrida em esteira e cicloergômetro com exercício de carga graduada até a exaustão.</p> |
| Metodologia | <p>Estudo observacional. Coleta de sangue venoso de 21 atletas de rúgbi, e uso</p> | <p>Estudo observacional. Análise de 53 jogadores de base,</p> | <p>Estudo experimental, com 12 corredores amadores (idade 25 ± 8 anos, massa corporal 71.3 ± 11.6 kg,</p> | <p>Estudo observacional. Foram coletados vídeos por câmeras térmicas de 18 atletas durante a</p> | <p>Estudo experimental. Foram estudados 8 atletas amadores, que participaram</p> |

| | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|
| | <p>de câmera que capta imagens infravermelhas. Eles foram avaliados em 2 momentos, o primeiro 48 hrs após o fim de um treino, e 48hrs depois de uma partida. Foi feita a coleta de sangue venoso nesses dois momentos, com medição da enzima CK. Também foi feita a imagem infravermelha nesses dois momentos. Os dados foram avaliados pelo SPSS e foram considerados estatisticamente diferentes os valores com p-valor >0.05.</p> | <p>sendo 25 sub-13 (12,6 ± 0,4 anos; 42 ± 9 kg; 1,51 ± 0,07 m) e 28 sub-15 (14,5 ± 0,4 anos; 56,9 ± 9,2 kg; 1,67 ± 0,07 m), com idades entre 11-15 anos. Foi realizada duas fotos térmicas dos membros inferiores com câmera infravermelha. Para as análises, foram considerados o valor de p < 0.05. Os dados foram avaliados pelo software Microsoft Excel.</p> | <p>altura 1.79 ± 0.08 m, IMC 22.1 ± 2.1 kg/m², e volume de treinamento de corrida 43.4 ± 44.2 km/semana) passaram pela medição com as câmeras antes e depois da atividade física (30 min de esteira). Antes do exercício, eles tiveram as medições da temperatura corporal dos pés, das coxas e pernas, pelas câmeras foi feita em ambiente controlado, por 10 minutos (temperatura 23.1 ± 0.9 °C e umidade relativa 28.1 ± 5.1%) e após o exercício, as medidas foram coletadas 5 minutos após o esforço. 3 modelos de câmera foram usados nesse estudos (E6obx, C2, e Flir-One Pro LT). Todos assinaram termo de consentimento para o estudo e o estudo foi</p> | <p>competição de marcha atlética de 20km no Campeonato Mundial de Atletismo de 2019. Duas câmeras foram instaladas para análise da temperatura por vídeo e uma terceira para identificação dos atletas. Uma delas utilizava bandas infravermelhas de ondas médias de antimoneto de índio resfriado (MWIR) e a outra se tratava de uma câmera infravermelha de onda longa, microbolômetro não refrigerado (LWIR). Os dados foram coletados nos quilômetros 1, 5, 10, 15 e 20 da competição em uma perspectiva anterior, lateral e posterior dos participantes.</p> | <p>de testes de corrida e cicloergômetro em datas diferentes, com aumento da carga de acordo com o protocolo escolhido até sinalização de exaustão pelo atleta. No último minuto de cada nível de atividade, um vídeo foi gravado usando um Câmera FLIR modelo E6o para avaliar a temperatura da pele. Foram selecionados 12 pontos do corpo do participante, cada um representativo de uma área.</p> |
|--|---|--|--|---|---|

| | | | | | |
|------------|--|---|---|--|--|
| | | | aprovado pelo comitê de ética (nº de aprovação 1252705). Os dados foram avaliados pelo SPSS. | | |
| Resultados | A ideia inicial era procurar correlação entre aumento de CK e aumento da temperatura (ambos indicariam lesão). Não houve essa associação em todos os atletas, o p-valor variou entre 0,256 e 0,890. Os dados foram bem diversos. Provavelmente devido à incapacidade de se controlar a rotina de treinos e recuperação dos atletas, bem como uma variabilidade individual da CK (pode variar de 12 a | O estudo verificou uma semelhança na temperatura da região corporal de interesse entre os atletas, com uma temperatura variando apenas em 0,2º. Os jovens sub-13 obtiveram um maior desequilíbrio térmico nas áreas analisadas, mas sem impacto fisiológico. Foi encontrada uma diferença maior de 0,5ºC entre os dimídios de 11 jovens | A câmera de maior resolução foi a do modelo E6obx, sendo que as outras duas apresentaram modelos subestimados. No geral, os melhores resultados são advindos de câmeras com melhor resolução, com a angulação do aparelho, e com melhor sensibilidade ao calor. Essa combinação promove imagens mais detalhadas, com tempo de processamento maior. Esse maior tempo de processamento promove maior detalhamento da análise. As outras câmeras (C2 and Flir-One Pro LT) apresentaram | A câmera MWIR criou imagens ao movimento com maior clareza e maior percentual de imagens aceitáveis. Analisando apenas as imagens aceitáveis, o LWIR e o WMIR produziram bons níveis de concordância, com viés de $-0,1 \pm 0,6$ °C na temperatura média da pele para o LWIR. À medida que a área de superfície ROI (Região de Interesse) foi reduzida, a temperatura medida tornou-se menos representativa de toda a ROI. Em comparação com a medição de toda a área ROI, um único pixel central produziu um viés de $0,3 \pm 0,3$ °C (MWIR) e $0,1 \pm 0,4$ °C (LWIR). O | Os resultados indicam o perfil de temperatura da pele e seu comportamento ao longo do tempo para cada teste: ciclismo e corrida. A temperatura da pele dos atletas foi maior para o ciclismo do que durante a corrida, embora o metabolismo médio tenha sido maior para os corredores. Analisando a temperatura da pele de homens e mulheres, é possível inferir que o comportamento da temperatura é semelhante para ambos. |

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|
| | <p>24 hrs, ou até em 96 hrs após lesão, e inclusive variar em semanas). Além disso, a CK sérica é uma enzima que pode demorar a se elevar no sangue, e pode não acusar lesão muscular, mesmo que ali tenha um processo de lesão. Por outro lado, embora a CK presente essas particularidades, foi observada uma tendência de aumento da CK com o aumento da temperatura cutânea sobretudo na porção esquerda do corpo, a porção não dominante, o que pode sugerir o aumento da temperatura</p> | <p>dos 25 sub-13. Em 1 deles, houve diferença maior que 1°C, o que pode estar relacionado com problema tendinoso, o que os autores colocam como relevante para a equipe médica avaliar. Nos sub-15, houve também semelhança a térmica entre os membros.</p> | <p>imagens com menor resolução. Ou seja, duas limitações foram vistas: enquanto ao uso da câmera melhor, bem como do manuseio da câmera pelo profissional que a utiliza, que pode variar os resultados. Os autores recomendam o uso de apenas 1 câmera para as análises, quando forem utilizadas. Mais de uma no mesmo estudo não, pois elas apresentam diferenças que podem variar os resultados.</p> | <p>uso dos pixels de temperatura máxima e mínima resultou em desvios de $1,3 \pm 0,4$ °C e $-1,1 \pm 0,3$ °C (MWIR) e $1,2 \pm 0,3$ °C e $-1,3 \pm 0,4$ °C (LWIR). A sensibilidade ao ar e à temperatura refletida foi menor para a câmera LWIR, devido à maior emissividade da pele em seu comprimento de onda.</p> | <p>Essas diferenças também não foram observadas nas temperaturas de todos os membros (p entre 0.098 e 0.998 para todos os instantes, $p > 0,05$); mesmo que os dados sobre as características dos sujeitos indicam que pode haver diferenças entre os gêneros em magra massa ($p = 0.034$), altura ($p = 0.045$) e VO_2 máx no ciclismo ($p = 0.036$). Os membros que se movem têm uma tendência de diminuição da temperatura com a velocidade.</p> |
|--|--|---|--|--|--|

| | | | | | |
|-----------|---|--|---|---|--|
| | <p>em locais de maior lesão. Uma limitação do estudo é a pequena amostra de atletas, que, se fosse maior, provavelmente apresentaria mais relação entre CK sérica e temperatura corporal. Outro dificultador é o fato do rúgbi ser um esporte de altas taxas de colisão, o que dificulta a identificação individual das lesões, de cada grupo muscular de forma individual.</p> | | | | |
| Conclusão | <p>A termografia é uma ferramenta que pode ser usada para localizar a lesão muscular em atletas, em associação à</p> | <p>Houve simetria térmica nas porções corporais analisadas, o que se concluiu ser uma avaliação termográfica</p> | <p>Câmeras de menor resolução são capazes de proporcionar imagens que levam menos tempo para a análise, mas podem ter menor resolução e causar mais</p> | <p>A termografia fornece uma ferramenta apropriada para a medição da temperatura da pele durante competições esportivas durante a movimentação do atleta. A</p> | <p>A avaliação da temperatura interna demonstrou o mecanismo ativo do corpo que atua para aumentar a transferência de energia para o</p> |

| | | | | | |
|--|--|--|---|---|---|
| | CK sérica. Essa enzima apresenta-se como um possível marcador de lesão muscular, mas não apresentou resultados significativos para atletas de rugby. | ca dentro dos parâmetros de normalidade. | esforço para o processamento dos dados. É melhor o uso de apenas uma câmera para a análise a ser feita. | câmera LWIR mais barata oferece uma alternativa viável ao MWIR em contextos de baixo movimento, com precisão e sensibilidade comparáveis à análise. No entanto, o LWIR é limitado quando velocidades mais altas impedem a medição precisa e a capacidade de capturar o movimento. | ambiente – maiores temperaturas internas e temperaturas cutâneas mais baixas, exibindo um gradiente de temperatura elevado. |
|--|--|--|---|---|---|

(Tabela 1)

No artigo de Bandeira et al, 2014, foi avaliada a variação de temperatura e a variação de CK em dois momentos (48 horas após o fim do treino e 48 horas após a partida) do ciclo de atividade de atletas profissionais de rugby, para avaliar a termografia como método de apoio ao diagnóstico de lesões musculares. Nesse contexto, a termografia se confirma enquanto bom método diagnóstico das lesões, mas a CK demonstrou ser um método muito inespecífico, por questões de variabilidade individual e pela demora do aumento da CK sérica. Há indícios que a CK pode aumentar mais em contextos de aumento da temperatura na porção esquerda do corpo (não dominante), falando mais a favor das lesões.

No artigo de Cogo et al, 2017, foi analisado o perfil termográfico de membros inferiores de jogadores de futebol jovens (categorias sub-13 e sub-15). Foi demonstrada simetria entre as temperaturas dos dimídios, sendo que quanto mais jovens os jogadores, maior a similaridade. O único atleta que apresentou diferença maior que 1°C estava com provável lesão tendinosa, e deu seguimento com a equipe médica para o tratamento.

Em relação aos modelos de câmera, o estudo de Machado et al, 2021 usou três termógrafos diferentes para demonstrar qual seria a melhor para analisar os impactos da atividade física na

musculatura dos atletas. O artigo encontrou que a câmara de maior resolução (E6obx) obteve os melhores resultados, pelo maior detalhamento da análise. Ademais, o operador da câmara possui influência direta nos resultados dos exames. Ou seja, recomenda-se o uso de uma mesma câmara com um mesmo operador na realização dos estudos.

O estudo de Aylwin et al, 2021, investigou o uso da termografia para analisar a temperatura da pele de atletas em movimento durante competições e sua sensibilidade, fatores que são tradicionalmente padronizados. Utilizaram diferentes câmeras para fazer a análise, onde conclui-se que a termografia é apropriada para medir temperatura durante competições esportivas com o atleta em movimento, a câmara LWIR é mais barata e oferece uma alternativa viável ao MWIR em contexto de baixo movimento, com precisão e sensibilidade comparáveis, mas, em contexto de altas velocidades, não é tão precisa na medição e na captura de movimento.

Por fim, o estudo de Igarashi et al, 2022, demonstrou que, em testes de corrida em esteira e cicloergômetro com exercício de carga graduada até a exaustão, a temperatura de pele dos atletas foi maior do para o ciclismo, embora o metabolismo tenha sido melhor para os corredores. Ademais, o comportamento da temperatura é semelhante entre homens e mulheres e, membros que se movem, têm maior tendência de diminuição da temperatura com a velocidade.

DISCUSSÃO

Em primeiro lugar, deve-se ressaltar que, de acordo com Machado et al, 2021, para se analisar o impacto da atividade física na musculatura de atletas, a título de comparação e produção científica, devem ser usados o mesmo equipamento e o mesmo operador para as análises. Além disso, termógrafos com maior resolução permitem maior detalhamento da análise, sendo melhores na análise do impacto da atividade física (MACHADO, et al., 2014).

Ainda no que tange a escolha dos termógrafos, Aylwin et al, 2021, analisaram o uso dos equipamentos para se analisar a temperatura de pele dos atletas em movimento durante competições. Nesse estudo, foi encontrado que a termografia é apropriada, entretanto, a câmara LWIR (custo mais acessível) demonstrou resultados (sensibilidade e precisão) equiparáveis ao da câmara MWIR (mais alto custo) apenas em contextos de baixo movimento. Nos contextos de alto movimento, a MWIR é preferível (POLLY, et al., 2021).

Comparando-se os gêneros, identificou-se um comportamento semelhante no aumento da temperatura entre os gêneros (IGARASHI, et al., 2022). Além disso, o aumento da temperatura não é diretamente relacionado ao aumento de metabolismo e, membros que se movem com o exercício, têm maior tendência de diminuição da temperatura com a velocidade.

Como tentativa de se analisar um método equiparável à termografia na predição de lesões e atividade muscular, Bandeira et al, 2014, dosar CK após 48 horas do fim do treino e de partidas de rugby. Foi encontrado que a termografia é um bom método no diagnóstico de lesões musculares, indicando um aumento da temperatura local. Todavia, a CK não cumpre o mesmo papel, por ter variabilidade individual significativa, além de demorar muito tempo para aumentar seus níveis séricos. Há indícios que a CK pode aumentar junto com o aumento da temperatura corporal, principalmente em regiões do dimídio esquerdo (não dominante), corroborando o diagnóstico de lesões. Tendo em vista que a termografia isoladamente ou associada ao exame clínico possuem bom valor preditivo positivo, questiona-se, portanto, o uso da CK como auxílio no diagnóstico de lesões.

Por fim, foi feita a termografia de jovens atletas de futebol, em repouso, que demonstrou simetria entre os dimídios, com menores variabilidades quanto mais jovens os atletas. Uma diferença maior que 1º C entre os dimídios sinalizou possibilidade de lesão tendinosa em um atleta, que foi encaminhado à equipe médica (CÔGO, et al., 2017).

Todos os artigos encontrados têm como limitação uma amostra de atletas pequena. Além disso, a maioria dos artigos sustenta a ideia de não ter conseguido controlar esforços individuais dos atletas analisados, o que possivelmente dificultou uma análise mais generalizada e unidirecional. Por fim, os estudos analisados foram embasados em esportes diferentes, o que possivelmente também é responsável pelos resultados variados, com a utilidade do uso das câmeras termográficas sendo diferente entre as modalidades. Isso pôde ser visto, por exemplo, no estudo de Bandeira et al, no qual o rugby, por ser um esporte de muita colisão corporal, tende a apresentar mais lesões físicas nos atletas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um cenário esportivo que mostra-se cada vez mais competitivo, personalizado e exigente no que tange à necessidade de alcançar melhores resultados, é de suma importância

que as lesões musculares sejam precocemente monitorizadas, podendo a termografia surgir como propedêutica importante na Medicina Esportiva. Deve-se estimular pesquisas para detalhamento superior do papel desse método na prevenção secundária de lesões, bem como padronização dos protocolos de uso dos termógrafos e treinamento dos operadores.

REFERÊNCIAS

1. ARNAIZ-LASTRAS J, et al. APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN EL FÚTBOL PROFESIONAL. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 2014; 1889: 5050.
2. AYLWIN P, et al. The use of infrared thermography for the dynamic measurement of skin temperature of moving athletes during competition; methodological issues. *Physiol Meas*, 2021; 8:27-42.
3. BANDEIRA F, et al. A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2014; 20: 59-64.
4. COSTA HFC. USO DA TERMOGRAFIA NAS ANÁLISES DOS DANOS MUSCULARES EM ATLETAS DE KARATE. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar*, 2021; 1(1)
5. IGARASHI T, et al. Behavior of skin temperature during incremental cycling and running indoor exercises. *Heliyon*, 2022; 8
6. MACHADO A, et al. Influence of infrared camera model and evaluator reproducibility in the assessment of skin temperature responses to physical exercise. *J Therm Biol*, 2021;1
7. SILVA, Guilherme Sousa. A utilização da termografia como indicador na prevenção de lesões musculares em atletas de futsal em Tubarão/SC. *Educação Física Bacharelado-Tubarão*, 2020.
8. SILVA MFDS. A câmera termográfica pode ser aplicada no esporte de alto rendimento como diagnóstico de lesão muscular?. *Monografia de Especialização. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte*, 2017; 22p.
9. TOGO T, et al. Perfil térmico de membros inferiores de jogadores de futebol de categoria de base, Brasil. *Revista Brasileira de Futebol (The Brazilian Journal of Soccer Science)*, 2019; 10: 4-24.