

Michel Felipe de Souza Silva

**A CÂMERA TERMOGRÁFICA PODE SER APLICADA NO ESPORTE DE ALTO
RENDIMENTO COMO DIAGNÓSTICO DE LESÃO MUSCULAR?**

Revisão da literatura

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2017

Michel Felipe de Souza Silva

**A CÂMERA TERMOGRÁFICA PODE SER APLICADA NO ESPORTE DE ALTO
RENDIMENTO COMO DIAGNÓSTICO DE LESÃO MUSCULAR?**

Revisão da literatura

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Fisioterapia Esportiva da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de especialista em Fisioterapia Esportiva

Orientador: Prof. Dr. Alysso L. Zuin

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2017

RESUMO

Introdução: A Termografia é um método não invasivo utilizado para registrar gradientes e padrões térmicos corporais. Após a ocorrência de uma lesão muscular, há uma vasodilatação e aumento de mediadores inflamatórios na área acometida, o que resulta na elevação da temperatura corporal local. Devido a isto, propõe-se que estes pontos possam ser avaliados através da mensuração da temperatura utilizando a Termografia, método que apresentará várias vantagens (baixo custo, não invasiva, indolor, sem contato, não intrusiva, sem radiação ionizante, inócua, disponibilização em tempo real das temperaturas de uma superfície em imagens). Alguns autores verificaram a associação da Termografia com mediadores séricos, como a creatina quinase (CK) e mioglobina. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão da literatura sobre a aplicação das imagens termográficas no meio esportivo com o intuito de diagnosticar ou prevenir lesões musculares. Para a seleção dos artigos. **Metodologia:** Utilizou-se os bancos de dados Scielo, Lilacs, PubMed e PEDro e foi também realizada uma busca ativa na literatura, consultando títulos e resumos. **Resultados:** Foram encontrados três artigos relacionados ao tema nas bases de dados citadas acima e um referente à busca ativa na literatura. **Conclusão:** Após a análise dos artigos encontrados, pode-se concluir que o uso da Termografia é importante no diagnóstico de lesões e se torna mais eficaz quando associado às mensurações de CK e/ou mioglobina. Porém, mais estudos são necessários para que apenas a câmera termográfica seja utilizada como equipamento de diagnóstico para lesão muscular.

Palavras-chave: Termografia. Esporte. Atletas. Lesão.

ABSTRACT

Introduction: Thermography is a non-invasive method used to record body temperature and thermal gradients. After the occurrence of a muscle injury, there is a vasodilation and increase of inflammatory mediators in the affected area, which results in elevation of the local body temperature. Due to this, it is proposed that these points can be evaluated by measuring the temperature using Thermography, a method that presents advantages (low cost, non-invasive, painless, non-contact, non-intrusive, without ionizing radiation, innocuous, available in real time of surface temperatures in images). Some authors have verified the association of thermography with serum mediators, such as creatine kinase (CK) and myoglobin.

Objective: The objective of this work was to review the literature on the use of thermographic images in sports with the purpose of diagnosing or preventing muscle injuries. For the selection of articles.

Methodology: The databases Scielo, Lilacs, PubMed and PEDro were used and an active literature search was also carried out, consulting titles and abstracts.

Results: Three articles related to the subject were found in the databases cited above and one related to the active search in the literature.

Conclusion: After the analysis of the articles found, it can be concluded that the use of thermography is important in the diagnosis of lesions and becomes more effective when associated with measurements of CK and / or myoglobin. However, more studies are needed so that only the thermographic camera is used as diagnostic equipment for muscle injury.

Keywords: Thermography. Sport. Athletes. Lesion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Características dos estudos que examinaram a utilização da câmera termográfica no diagnóstico de lesão muscular.....	11
Quadro 2 - Classificação Consenso de Munique 2012.....	17
Figura 1 - Exemplo de como a resolução da câmera pode afetar a qualidade na coleta de dados.....	20

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. METODOLOGIA.....	8
3. RESULTADOS.....	9
4. DISCUSSÃO.....	12
5. CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS.....	22

1 INTRODUÇÃO

Lesão no esporte é definida como qualquer reclamação física, sustentada por um atleta, que resulta de uma atividade esportiva, independentemente da necessidade médica ou do tempo gasto para aquela atividade (FULLER *et al.*, 2006). Em relação à prevalência, as contusões, os estiramentos musculares e as entorses são as lesões mais frequentes encontradas na literatura (PEDRINELLI *et al.*, 2013).

Lesões musculares são muito comuns nos esportes. Elas constituem 31% de todas as lesões no futebol de elite e sua alta prevalência é bem documentada na literatura internacional, tanto no futebol quanto em outros esportes. Os diagnósticos de lesões nos músculos da coxa são comuns no atletismo (16%), mas também vêm sendo relatados em esportes como o rúgbi (10,4%), basquete (17,7%) e futebol americano (46%) (WOHLFAHRT *et al.*, 2012).

As pesquisas sobre lesões têm como objetivo principal a prevenção e redução das lesões. Lesões musculares têm alta prevalência nos esportes, sendo que no futebol estima-se que um clube com uma equipe de 25 jogadores pode esperar cerca de 20 lesões musculares por temporada, e essas lesões musculares representarão mais de um quarto de tempo parado por lesões. Um jogador de futebol normalmente sofrerá 0,6 lesões musculares por temporada, com aproximadamente duas semanas perdidas por cada lesão muscular (MEDINA *et al.*, 2015).

Das lesões musculares, 92% afetam os membros inferiores, sendo o local mais comum os músculos da coxa (55%), seguido de quadril/adutores (30%). Lesões dos isquiotibiais são os tipos mais comuns, representando 12-37% de todas as lesões; adutores representam 23%, quadríceps 19% e panturrilha 12-13%. A maioria das lesões musculares (39 e 62%) é classificada como moderada (8 a 28 dias) (MEDINA *et al.*, 2015).

As lesões musculares podem ser causadas por contusões, torções ou lacerações. A força de tração exercida sobre um músculo pode levar ao alongamento excessivo de suas fibras musculares e, conseqüentemente, um

rompimento próximo da junção músculo tendínea (FERNANDES; PEDRINELLI, HERNANDEZ, 2011).

Sabe-se que essas lesões desencadeiam processos inflamatórios (BANDEIRA *et al.*,2012). A inflamação leva a hipertermia (aumento da temperatura local), entretanto a degeneração, a atividade muscular reduzida e a fraca perfusão sanguínea podem causar um padrão hipotérmico (redução da temperatura local) (HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010). Após a ocorrência de uma lesão muscular, há no local um processo inflamatório agudo instalado, este processo inflamatório leva ao aumento de temperatura no local acometido, devido à elevação do fluxo sanguíneo nas proximidades do local da lesão muscular (BANDEIRA; NEVES; NOHAMA, 2014).

Alguns estudos têm mostrado que este aumento de temperatura pode ser detectado pela Termografia, fazendo desta técnica um método auxiliar de diagnóstico de lesão (BANDEIRA; NEVES; NOHAMA, 2014, BANDEIRA *et al.*,2012, AL-NAKHLI *et al.*, 2012, MAIOR *et al.*,2016).

A Termografia é um método não invasivo capaz de captar o calor emitido pelo corpo ou partes do mesmo, podendo ser utilizada para visualizar as mudanças de temperatura do corpo humano em resposta aos processos fisiológicos ou reações patológicas, sem expor o paciente a qualquer tipo de radiação (MAIOR *et al.*,2016). Este método tem como vantagens: baixo custo, técnica não invasiva, indolor, sem contato,não intrusiva, sem radiação ionizante, inócua entre outros (BANDEIRA; NEVES; NOHAMA, 2014).

A origem da termografia infravermelha deu-se em 1800, quando William Herschel descobriu a radiação térmica (a luz invisível mais tarde chamada de infravermelho), mas apenas nos meados dos anos sessenta tornou-se uma técnica para mensurar a temperatura. E segundo Arfaoui e Polidori (2012), devido à sua característica não intrusiva, a termografia por infravermelho pode ser definida como a ciência de análise de dados de não contato, onde disponibiliza imagem térmica da área analisada (ARFAOUI *et al.*,2012).

A primeira aplicação médica da Termografia infravermelha para medição de temperatura da pele foi em 1960. Em 1980, a detecção precoce de doenças foi rapidamente desenvolvida (ARFAOUI *et al.*,2012).

Esta técnica vem sendo utilizada cada vez mais na área da medicina esportiva e já possui aplicações no diagnóstico de distúrbios musculoesquelético,na avaliação da recuperação muscular após treinamento ou partida de futebol (MAIOR *et al.*,2016).

Segundo Hildebrandt e Raschner (2010), muitas pesquisas têm sido focadas na avaliação bem sucedida do câncer de mama com a utilização de imagens termográficas. A termografia do peito alcançou uma sensibilidade e especificidade média de 90%. Um termograma de mama anormal é um marcador biológico significativo para o câncer de mama. Uma possível explicação é que o aumento do fluxo sanguíneo, devido à proliferação vascular resultante da angiogênese, está associado a tumores (HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010).

Verificando a necessidade da realização de diagnósticos instantâneos de lesões musculares no meio esportivo e clínico, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre a aplicação das imagens termográficas no meio esportivo, com o objetivo de diagnosticar ou prevenir lesões musculares.

2 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica descritiva. Foi realizada uma seleção de artigos nos bancos de dados Scielo, Lilacs, Medline e PEDro e uma busca ativa na literatura, sendo utilizados os seguintes descritores: Termografia (Thermography), esporte (Sport), atletas (athletes) e lesão (injury). Os critérios para inclusão foram: artigo publicado entre 2010 a 2017 uma das palavras-chave deveria estar no título e/ou no resumo dos artigos; artigos em português e inglês disponíveis gratuitamente. Excluíram-se artigos de estudos em animais e artigos que não atendessem aos critérios de inclusão. A busca foi realizada durante o mês de janeiro de 2017.

3 RESULTADOS

Foram utilizados 4 artigos, que preencheram os critérios de inclusão para realizar esta revisão, sendo 3 nas bases de dados citadas acima e um referente a busca ativa na literatura. O quadro a seguir mostra o nome, autor, ano, revista, objetivos, resultados e a conclusão de cada um dos artigos.

Quadro 1. Características dos estudos que examinaram a utilização da câmera termográfica no diagnóstico de lesão muscular.

Artigo	Autor/ Ano/ Revista	Objetivos	Resultados	Conclusão
A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte	BANDEIRA; NEVES; NOHAMA, Rev Bras Med Esporte	Analisar a correlação entre a variação de temperatura da pele e a variação da Creatina quinase 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.	Não houve correlação entre CK e a variação de temperatura média das áreas dos músculos selecionados. Entretanto, no grupo de atletas que apresentou elevação da CK superior a 50% entre o primeiro e o segundo momento de avaliação, os músculos peitoral esquerdo e semitendíneo esquerdo apresentaram diferenças significativas.	A termografia pode ser utilizada como método de apoio ao diagnóstico de lesão muscular em atletas.
Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atleta de futebol?	BANDEIRA <i>et al.</i> ,2012 Rev Bras Med Esporte	Verificar a viabilidade da aplicação da termografia no diagnóstico de lesões causadas pelo treinamento físico.	A correlação entre os índices de lactato e CK foi positiva e estatisticamente significativa. Não houve correlação estatisticamente significativa entre os valores de CK 24h pós-treino e na variação de temperatura nos músculos avaliados para o grupo controle. Houve diferença de temperatura (24h pós-treino – pré-treino) estatisticamente significativa para os três músculos estudados apenas no grupo experimental.	Foi sugerida a possibilidade da utilização de imagens termográficas para, em conjunto com a creatina quinase, determinar a intensidade e a localização de lesões musculares pós-treino.

Quadro 1. Características dos estudos que examinaram a utilização da câmera termográfica no diagnóstico de lesão muscular.

Artigo	Autor/ Ano/ Revista	Objetivos	Resultado	Conclusão
<p>The Use of Thermal Infra-Red Imaging to Detect Delayed Onset Muscle Soreness</p>	<p>AL-NAKHLI <i>et al.</i>, 2012 Journal of Visualized Experiments</p>	<p>O objetivo principal deste trabalho foi examinar mudanças nos padrões de dor muscular de início retardado (DOMS) usando imagem térmica infravermelha (IR).</p>	<p>Mostrou um aumento notável de temperatura 24 horas após o exercício em comparação com as temperaturas pré-exercício e temperaturas elevadas 48 horas após o treino. A temperatura média da pele foi de 32,8°C pré-exercício e 33,96°C 24 horas após o exercício e 32,82°C 48 horas após o exercício. 48 horas após o exercício, o aumento da mioglobina foi muito grande, sendo de aproximadamente 147ng/mL. As concentrações de mioglobina foram de 30,12 na linha de base, 31,66, 30 minutos após o exercício e 178,96ng/mL 48 horas após o exercício. Verificou-se que houve uma correlação considerável entre as leituras de EVA 24 horas após o exercício e a medição da temperatura da pele.</p>	<p>A imagem térmica IR seria de grande valor na detecção de DOMS em seus estágios iniciais. Também seria uma maneira interessante e indolor de olhar os músculos que foram exercitados e doloridos, horas após o término do exercício.</p>

Quadro 1. Características dos estudos que examinaram a utilização da câmera termográfica no diagnóstico de lesão muscular.

Artigo	Autor/ Ano/ Revista	Objetivos	Resultado	Conclusão
Profile of infrared thermography in elite soccer players	MAIOR <i>et al.</i> ,2016 Motriz, Rio Claro	O objetivo deste estudo foi fornecer perfis termográficos dos membros inferiores e correlacioná-los com CK de plasma nivelado em jogadores de futebol profissional. Nossa hipótese é que a temperatura será maior nos membros dominantes devido à maior utilização durante o treinamento.	Foram encontrados valores significativos, os valores de R entre a CK e a temperatura do membro inferior foram baixos. A distribuição de frequência das temperaturas médias da pele na coxa e na perna nas vistas anterior e posterior com valores de temperatura entre 29,0°C e 33,0°C. Não houve diferença de significância entre o lado esquerdo e direito das medidas anterior e posterior de Coxas e pernas para a temperatura da pele. Foi encontrado um ICC elevado para todas as medidas da temperatura da pele (coxa anterior esquerda e direita = 0,97; coxa posterior esquerda e direita = 0,98; perna anterior esquerda e direita = 0,98; perna posterior esquerda e direita = 0,96), o que sugere alta validade e confiabilidade do método de medição.	Observou-se simetria térmica contralateral nos membros inferiores (ROI <0,2 ° C) e baixa correlação entre creatina quinase e nível de temperatura em jogadores de futebol de elite após as sessões de treinamento.

4 DISCUSSÃO

A Termografia é um método não invasivo utilizado para registrar gradientes e padrões térmicos corporais, sendo utilizada para medir a radiação térmica (calor) emitida pelo corpo ou partes deste, podendo, portanto, ser utilizada no diagnóstico de lesões causadas pelo treinamento. Visto que a termografia caracteriza-se por detectar pequenas variações (gradientes) de temperatura, as imagens termográficas mostram precocemente o início de um processo inflamatório, que ainda não apresentou sinais e sintomas clássicos (dor, edema e parestesia), atuando, assim, de forma preventiva (BANDEIRA *et al.*,2012).

De acordo com Arfaoui e Polidori (2012), a termografia infravermelha é a técnica mais acessível para obter imagens do perfil de temperatura de uma superfície ou um ponto do corpo. O princípio desta técnica é que cada corpo emite uma quantidade de energia Infra Vermelho IV e a intensidade desta radiação IV é uma função da temperatura. A termografia infravermelha transforma a energia térmica, irradiada do corpo, na faixa infravermelha do espectro eletromagnético em uma imagem visível dessa radiação, chamada termograma (ARFAOUI *et al.*,2012).

As análises de imagens infravermelhas como diagnóstico possuem várias vantagens como o baixo custo, a técnica não invasiva, sem radiação ionizante, inócua, disponibilizam as temperaturas de uma superfície em imagens de tempo real, possibilitam a localização da lesão e são capazes de demonstrar mudanças metabólicas e fisiológicas através de um exame funcional (BANDEIRA; NEVES; NOHAMA, 2014).

A variabilidade individual combinada com o caráter complexo da termorregulação limita a interpretação da termografia. A falta de especificidade torna necessário combinar essas medidas com outras modalidades mais estruturais (raio-X, tomografia computadorizada), em vez de usá-la como substituição. O maior desafio é combinar a informação anatômica e a fisiológica dada pelo padrão térmico da superfície da pele (HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010).

De acordo com Bandeira e Antônio (2014), existem diversos métodos para análise e diagnóstico de lesões musculares causadas pela atividade física. A medição da atividade de enzimas plasmáticas, por exemplo: creatina quinase (CK),

lactato desidrogenas, troponina I e mioglobina, o registro da ação voluntária máxima, aquisição de respostas subjetivas de dor por meio de escala de percepção, ressonância magnética, ultrassonografia, tomografia, eletromiografia de superfície, termografia e amostra do músculo são alguns dos métodos utilizados (BANDEIRA; NEVES; NOHAMA, 2014).

A CK é uma enzima que catalisa reações de transferência de energia com fosforilação reversível da creatina. Geralmente, esta enzima está confinada no interior das células e sua concentração no sangue é muito baixa. A atividade plasmática da CK depende tanto da prática de atividades físicas, quanto de algumas patologias (um exemplo é o infarto agudo do miocárdio). A CK vem sendo utilizada como biomarcador e parece ser um dos melhores indicadores indiretos para esse fim. Após danos nas fibras musculares causadas pelo exercício intenso e exaustivo, ocorre a liberação da CK na corrente sanguínea, ocasionando um aumento considerável (pode aumentar de 2 a 10 vezes em situações de lesão da célula muscular). Uma grande quantidade sérica da CK sugere que houve algum tipo de dano tecidual nessas células e permite, indiretamente, determinar o grau de agressão causado pelo exercício (BANDEIRA; NEVES; NOHAMA, 2014 e BANDEIRA *et al.*,2012).

Alguns estudos (BANDEIRA; NEVES; NOHAMA, 2014, BANDEIRA *et al.*,2012, MAIOR *et al.*,2016), têm comparado as imagens da termografia com a atividade sérica da CK em atletas.

Bandeira e Antônio (2014) tiveram como objetivo principal analisar a correlação entre a variação de temperatura da pele e a variação da CK, em dois momentos das atividades dos atletas profissionais de rúgbi. Com isso, avaliaram a utilização da termografia como método de apoio ao diagnóstico de lesões musculares (BANDEIRA; NEVES; NOHAMA, 2014).

Não houve correlação entre a variação da CK e a temperatura dos músculos selecionados. Portanto, no grupo de atletas que apresentaram elevação da CK maior que 50% entre os dois momentos das atividades, os músculos peitoral esquerdo e semitendíneo esquerdo apresentaram diferenças significativas com valor de p de 0,037 e 0,045. Concluiu-se que a termografia pode ser utilizada como

método de apoio ao diagnóstico de lesão muscular em atletas (BANDEIRA; NEVES; NOHAMA, 2014).

Bandeira e Antônio (2012) verificaram a viabilidade da aplicação da termografia no diagnóstico de lesões causadas pelo treinamento físico. A correlação entre os índices de lactato e CK foi positiva e estatisticamente significativa. Não houve correlação estatisticamente significativa entre os valores de CK 24h após o treino e na variação de temperatura. Houve diferença de temperatura (24h pós-treino e pré-treino) estatisticamente significativa. O resultado deste estudo sugeriu a possibilidade da utilização da termografia, em conjunto com a CK (BANDEIRA *et al.*, 2012).

Maior e Leporace (2016) tiveram como objetivo fornecer perfis termográficos dos membros inferiores de jogadores de futebol profissional e correlacioná-los com CK. Os valores de R entre a CK e a temperatura do membro inferior foram baixos. A temperatura média na coxa e na perna (anterior e posterior) apresentaram valores de temperatura entre 29,0°C e 33,0°C. Não encontraram diferença significativa entre o lado esquerdo e direito. Um ICC elevado para todas as medidas da temperatura da pele (coxa anterior esquerda e direita = 0,97; coxa posterior esquerda e direita = 0,98; perna anterior esquerda e direita = 0,98; perna posterior esquerda e direita = 0,96), o que sugere alta validade e confiabilidade do método de medição. Observou-se simetria térmica contralateral nos membros inferiores e baixa correlação entre a CK e nível de temperatura em jogadores de futebol de elite após as sessões de treinamento (MAIOR *et al.*, 2016).

Ainda segundo Maior e Leporace (2016), os jogadores de futebol avaliados apresentaram assimetria térmica contralateral não sendo superior a 0,2°C, sendo esta assimetria classificada por eles como padrão normal, diferente do que foi citado por Côrte e Hernandez (2016). Maior e Leporace (2016), afirmam que a resposta térmica entre os lados do corpo devem ser iguais, já as diferenças térmicas bilaterais menores que 0,5°C são considerados insignificantes e as diferenças maiores que 0,5°C são consideradas assimetrias, podendo estar relacionadas com alguma patologia em não atletas. Em atletas profissionais, valor superior a 0,7°C é considerado assimetria entre as partes do corpo. Quando a diferença observada for superior a 0,7°C é importante verificar se algum fator externo (mencionados abaixo

no texto) influenciou o resultado. Foi proposto ainda que temperaturas abaixo de 27°C possa estar relacionado a uma hipotermia causada pelo baixo fluxo sanguíneo local, enquanto temperaturas maiores que de 35 ° C pode sugerir um processo inflamatório na região analisada. (MAIOR *et al.*,2016).

Em 2012 um grupo de especialistas em medicina esportiva se reuniu através de um consenso com o objetivo de proporcionar uma terminologia clara da classificação das lesões musculares, a fim de facilitar a comunicação entre médicos e profissionais da área esportiva. No consenso, termos práticos e sistemáticos foram definidos e estabelecidos, além disso, foi desenvolvido um novo sistema abrangente de classificação, subdividido em desordem muscular funcional (lesões que resultam em uma limitação funcional, que pode representar um fator de risco para lesão estrutural, sendo considerada uma desordem sem evidência macroscópica, não sendo diagnosticado na ressonância magnética) e lesão muscular estrutural (são lesões multifatoriais e podem ser agrupadas em subgrupos que refletem a sua origem clínica) (WOHLFAHRT *et al.*,2012). O quadro 2 mostra a diferença entre a desordem muscular funcional e a lesão muscular estrutural.

Quadro 2. Classificação Consenso de Munique 2012

Desordem muscular funcional	1A	Desordem muscular induzida por fadiga
	1B	Dor muscular tardia
	2A	Desordem neuromuscular relacionados a coluna vertebral
	2B	Desordem neuromusculares relacionadas com o músculo
Lesão muscular estrutural	3A	Rupturas musculares menores
	3B	Rupturas musculares parciais
	4	Rupturas totais/sub musculares ou tendíneas

Segundo o consenso de Munique 2012 Dor muscular tardia (DMT) foi classificada como uma desordem muscular funcional.

Al-Nakhli e Petrofsky (2012) investigaram a DMT do músculo bíceps braquial usando a termografia infravermelha em voluntários, durante exercícios de rosca direta, comparando aos níveis séricos de mioglobina. Uma lesão muscular pode resultar em mioglobinemia (presença de mioglobina no sangue). Quando a

concentração no plasma excede a 20mg/dL, a mioglobina começa a aparecer na urina, este processo é chamado de mioglobinúria (AL-NAKHLI *et al.*, 2012).

Verificou-se um aumento notável de temperatura 24 horas após o exercício em comparação com as temperaturas pré-exercício e temperaturas levadas às 48 horas. A temperatura média da pele foi de 32,8°C pré-exercício e 33,96°C 24 horas após o exercício e 32,82°C 48 horas após o exercício. 48 horas após o exercício, o aumento da mioglobina foi muito grande, sendo de aproximadamente 147ng/mL. As concentrações de mioglobina foram de 30,12ng/mL na linha de base, 31,66ng/mL, 30 minutos após o exercício e 178,96ng/mL 48 horas após o exercício. Verificou-se que houve uma correlação considerável entre as leituras de EVA 24 horas após o exercício e a medição da temperatura da pele (AL-NAKHLI *et al.*, 2012).

A imagem térmica IR seria de grande valor na detecção de DMT em seus estágios iniciais. Também seria uma maneira interessante e indolor de olhar os músculos que foram exercitados e doloridos, horas após o término do exercício. Em um cenário esportivo, esta detecção precoce de DOMS pode ajudar a diminuir a incidência de lesões por excesso de exercícios nos músculos doloridos em dias após o exercício inicial (AL-NAKHLI *et al.*, 2012).

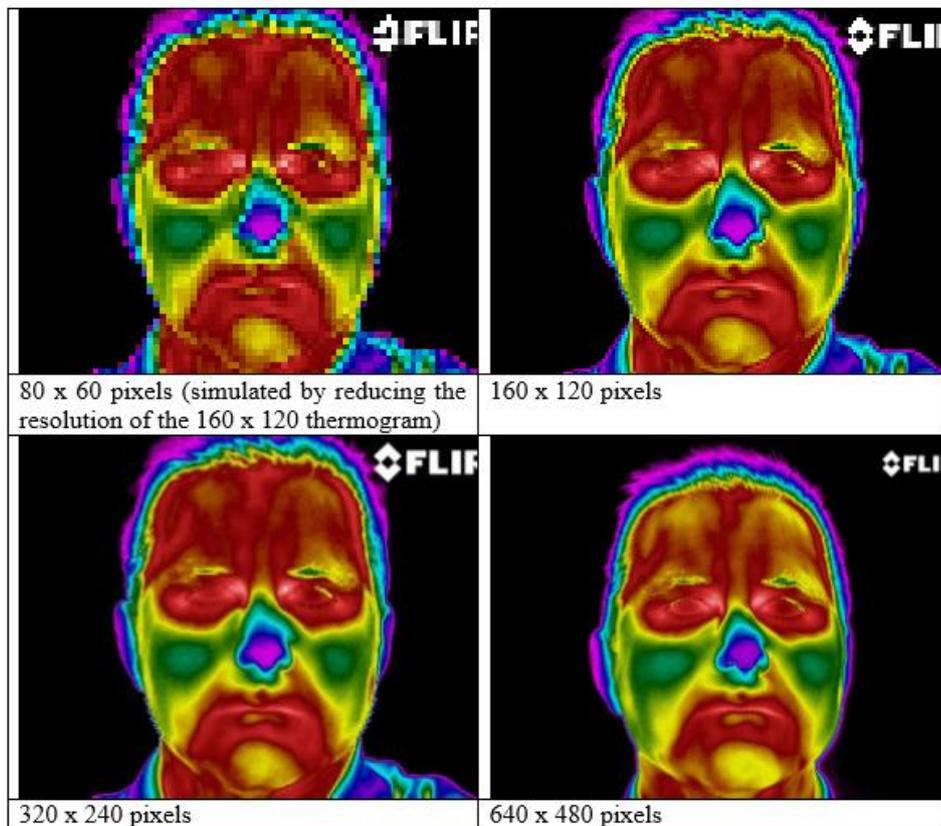
Côrte e Hernandez (2016) citaram artigos onde a diferença superiora 1°C entre os lados do corpo podem indicar um processo patológico, porém, outro artigo citado indicou que em assimetrias maiores que 0,3°C já se iniciava um protocolo preventivo, obtendo ao final da temporada uma melhora de 60% na incidência de lesões quando comparado à temporada anterior (CÔRTE; HERNANDEZ, 2016).

O TERMOINEF é um grupo de pesquisa da Faculdade de Atividade Física e Esporte Ciências de Madrid-ESP e foi criado em 2008. Os membros do TERMOINEF se consideram termógrafos: especialistas técnicos em termografia e acreditam que a termografia é uma ferramenta para apoiar o diagnóstico, sendo considerado por especialistas da área da saúde como um método excelente para a prevenção, monitoramento de lesões esportivas e para a quantificação da carga de trabalho em um atleta. O mesmo grupo em 2015 criou um documento que tenta integrar a metodologia para realizar coleta de dados e apresentar os métodos mais comuns para análise dos resultados térmicos, levando em consideração os seguintes pontos:

- Todas as avaliações com o mesmo assunto devem ser conduzidas ao mesmo tempo e de preferência de manhã;
- Nenhuma atividade física deve ser realizada por pelo menos 6 horas antes da avaliação. A pessoa a ser avaliada deve tomar transporte público para o local da coleta de dados ou ser conduzida por outra pessoa;
- Evitar a aplicação de cremes, géis ou sprays na área da pele para ser avaliado, pomadas, cremes, maquiagem, desodorantes e óleos são frequentemente citados como itens a serem evitados pelo sujeito antes da avaliação;
- Evitar café, álcool ou estimulantes por 6 horas antes da avaliação;
- Não fumar nas 6 horas anteriores à avaliação;
- Não receber nenhum tratamento ou massagem;
- Evitar sessões diretas de sol ou UV antes da avaliação;
- No dia anterior, evitar qualquer droga ou tratamento com qualquer substância que possa alterar o termograma normal, ou informar ao técnico se foi utilizado alguma destas substâncias;
- Evitar tomar banho antes da avaliação. Recomenda-se que os chuveiros sejam evitados por uma ou duas horas antes de uma avaliação termográfica;
- Não alterar hábitos de descanso ou refeições;
- Deve haver um processo de aclimatação. O atleta deve ser despido (até roupa interior) (mulheres de preferência sem sutiã) por 10-15 minutos para acalme-se à temperatura da sala;
- A sala deve ser condicionada a uma temperatura próxima a 21°C e umidade reduzida entre 35% e 40%.

O TERMOINEF recomenda o uso de uma câmera de imagem térmica com uma resolução igual para ou superior a 320 pixels (horizontais) x 240 (verticais), pois uma câmera com alta resolução proporcionará uma imagem mais nítida e um maior número de pixels (Figura 1), recomenda-se uma sensibilidade mínima de 65m°K, um intervalo de medição abrangendo as possibilidades do ambiente humano (entre 0°C e 50°C), uma sensibilidade térmica de 0,02°C ou inferior e dados padrão saídas para um computador (QUINTANA *et al.*, 2015).

Figura 1 - Exemplo de como a resolução da câmera pode afetar a qualidade na coleta de dados



Fonte: TERMOINEF, 2015

Bandeira e Antônio (2012) mostraram a importância de controlar a gordura corporal, devido ao fato da gordura subcutânea atuar como um isolante térmico para o fluxo de calor. A gordura tem cerca de um terço de condutividade quando comparada aos outros tecidos, impedindo, desta forma, que haja uma grande transferência de calor do meio interno para o meio extracorpóreo, oferecendo uma resistência à perda do calor corporal (BANDEIRA *et al.*, 2012).

5 CONCLUSÃO

A termografia infravermelha é um método não invasivo e seguro quanto a sua aplicação por não haver contaminação. A mesma vem sendo utilizada cada vez mais no esporte de alto rendimento e em clínicas de saúde do atleta. Em relação aos valores, existem câmeras que custam de R\$2.000,00 podendo chegar a mais de R\$40.000,00, porém as câmeras mais baratas têm a sua qualidade e eficácia questionável.

Ainda não há na literatura um consenso sobre valores de referência para definir se existe ou não uma patologia instalada naquele membro. Os estudos aqui mencionados compararam a aplicação da termografia com níveis séricos de creatina quinase e mioglobina, obtendo bons resultados desta técnica quando associadas a estas duas enzimas.

Portanto, conclui-se que a termografia é mais eficaz quando associada as mensurações da creatina quinase e/ou mioglobina, uma vez que estas duas enzimas indicam apenas se há uma lesão muscular, enquanto a câmera termográfica pode auxiliar a encontrar o local da lesão e determinar a intensidade da mesma, porém mais estudos são necessários para se utilizar apenas a câmera termográfica como equipamento de diagnóstico de lesão muscular.

Referências

- AL-NAKHLI H. *et al.* The Use of Thermal Infra-Red Imaging to Detect Delayed Onset Muscle Soreness. **Journal of Visualized Experiments**, v. 59, p. 1-9, jan. 2012.
- ARFAOUI A. *et al.* Infrared Thermography in Sports Activity. **Infrared Thermography**, p.141-168, mar. 2012.
- BANDEIRA F. *et al.* Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atleta de futebol? **Rev Bras Med Esporte**, n.4, v.18, Jul./ Ago., 2012.
- BANDEIRA F. *et al.* A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte. **Rev Bras Med Esporte**, v. 20 n. 1, Jan./ Fev., 2014.
- CÔRTE A. C. R. *et al.* Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. **Rev Bras Med Esporte**, n. 4 v. 22, p. 1-5, Jul./ Ago., 2016.
- FERNANDES T. L. *et al.* Muscle Injury- Physiopathology, diagnosis, treatment and clinical presentation. **Rev Bras Ortop**, n. 3, v. 46, p. 247-55, 2011.
- FULLER, C. *et al.* Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. **Br J Sports Med**, v. 40 p. 193–201, 2006.
- HILDEBRANDT, C. *et al.* An Overview of Recent Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine in Austria. **Sensors**, v. 10, p. 4700-4715, 2010.
- MAIOR, A. S. *et al.* Profile of infrared thermography in elite soccer players. **Motriz**, Rio Claro, n. 4 v. 22 p. 1-6, Oct./ Dec., 2016.
- MEDINA, D. *et al.* Muscle Injuries Clinical Guide 3.0. **Epidemiology**, Barcelona, Jan. 2015.
- PEDRINELLI, A. *et al.* Estudo epidemiológico das lesões no futebol profissional durante a Copa América de 2011, Argentina. **Rev Bras Ortopedia**, v. 48, n. 2, p. 131-136, 2013.
- QUINTANA, M. S. *et al.* Protocol for thermographic assessment in humans. In: PRE-CONGRESS XIII EAT CONGRESS COURSE ON “MEDICAL APPLICATIONS OF HUMAN THERMOGRAPHY”, 13., 2015, Madrid. **Anais...** Madrid: Technical Report, 2015, 60 p.
- WOHLFAHRT H. *et al.* Terminology and classification of muscle injuries in sport: a consensus statement. **Br J Sports Med**, p. 1-9, out., 2012.