

PODE A TERMOGRAFIA AUXILIAR NO DIAGNÓSTICO DE LESÕES MUSCULARES EM ATLETAS DE FUTEBOL?

APARELHO LOCOMOTOR
NO EXERCÍCIO E NO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

CAN THERMOGRAPHY AID IN THE DIAGNOSIS OF MUSCLE INJURIES IN SOCCER ATHLETES?

Fábio Bandeira¹
Marcos Antônio Muniz de Moura¹
Mauren Abreu de Souza¹
Percy Nohama¹
Eduardo Borba Neves¹

1. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba, PR

Correspondência:

Eduardo Borba Neves
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Av. Sete de Setembro, 3.165, Rebouças
80230-901 – Curitiba, PR, Brasil
E-mail: borbaneves@hotmail.com

RESUMO

Introdução: Considerando que as lesões musculares desencadeiam processos inflamatórios e que a inflamação gera calor em decorrência do aumento do metabolismo local, então, o nível inflamatório pode ser avaliado por meio do gradiente de temperatura. **Objetivo:** Verificar a viabilidade da aplicação da termografia no diagnóstico de lesões causadas pelo treinamento físico. **Métodos:** O estudo foi realizado com atletas adolescentes do Paraná Clube, Curitiba, PR, Brasil, que foram divididos em dois grupos, denominados controle e experimental. O grupo controle participou de uma sessão de treinamento de baixa intensidade e o grupo experimental de alta intensidade. Primeiramente, foi capturada uma imagem termográfica do quadríceps femoral de cada atleta antes do início da sessão de treinamento. Após a sessão de treinamento, coletou-se uma amostra de sangue para verificar o nível sérico de lactato de cada atleta. Posteriormente, 24h após o treinamento, efetuou-se outra coleta de sangue para verificar o nível sérico de CK de cada atleta. Outra imagem termográfica individual do quadríceps femoral também foi adquirida nessa etapa. **Resultados:** A correlação entre os índices de lactato e CK foi positiva e estatisticamente significativa, com valor rho = 0,661 ($p = 0,038$). Não houve correlação estatisticamente significativa entre os valores de CK 24h pós-treino e na variação de temperatura (24h pós-treino – pré-treino) nos músculos avaliados para o grupo controle. Houve diferença de temperatura (24h pós-treino – pré-treino) estatisticamente significativa ($p < 0,05$) para os três músculos estudados apenas no grupo experimental. **Conclusão:** Os resultados do presente estudo sugerem 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, uma vez que o citado marcador bioquímico não consegue determinar a localização anatômica da lesão muscular.

Palavras-chave: inflamação muscular, creatina-quinase, termografia.

ABSTRACT

Introduction: Since muscle injuries trigger inflammatory processes and inflammation generates heat due to increased local metabolism, hence the level of inflammation can be measured by the temperature gradient. **Objective:** To assess the feasibility of application of thermography in the diagnosis of injuries caused by physical training. **Methods:** The study was conducted with adolescent athletes of the Paraná Club, Curitiba, Brazil, who were divided into two groups, namely control and experimental. The control group attended a training session of low intensity and the experimental group a high intensity one. First, a thermographic image of the quadriceps of each athlete was acquired before the training session. After the training session, a blood sample was collected to check the level of serum lactate of each athlete. Subsequently, 24 hours after training, an extra blood sample was performed to check the level of serum CK of each athlete. Another individual thermographic image of the quadriceps was acquired at that stage. **Results:** The correlation between the lactate and CK was positive and statistically significant rho value = 0.661 ($p = 0.038$). There was no statistically significant correlation between CK values 24 h post-training and the change in temperature (24 h post-training - pre-training) in the muscles evaluated for the control group. There was a statistically significant difference in temperature (24 h post-training - pre-training) ($p < 0.05$) for the three muscles studied only in the experimental group. **Conclusion:** The results of this study suggest the possibility of use of thermographic images, together with creatine kinase, in order to determine the intensity and location of post-training muscle damage, since the previously mentioned biochemical marker cannot determine the anatomic location of the muscle injury.

Keywords: muscle inflammation, creatine kinase, thermography.

INTRODUÇÃO

O futebol vem sofrendo mudanças em nível de competição no que diz respeito ao número de jogos e torneios, impondo ao atleta um incremento da carga competitiva e do seu desempenho físico^{1,2}. Esse esporte é caracterizado por ser fisicamente exigente e por conter

esforços de curta duração, porém de elevada potência e intensidade³.

Nos atletas de futebol, o consumo de oxigênio corresponde a aproximadamente 75 a 80% do VO₂ máximo³⁻⁷. O exercício é considerado de alta intensidade quando atinge valores acima de 60% do VO₂ máximo⁸, e essa elevada exigência metabólica tem como consequência a sen-

sação retardada de desconforto, dor e/ou lesão muscular¹. Para avaliar a lesão tecidual após o exercício, a atividade plasmática da creatina-quinase (CK) vem sendo utilizada como marcador bioquímico^{9,10} e parece ser um dos melhores indicadores indiretos para esse fim¹¹⁻¹⁴. Geralmente, a enzima creatina-quinase está confinada no interior das células¹⁴ e normalmente a sua concentração sérica é muito baixa¹⁵. O nível sérico de enzimas como a CK pode aumentar de duas a 10 vezes em situações de lesão da célula muscular¹⁴.

Após a lesão celular ocorre a infiltração de neutrófilos e consequente liberação de CK na corrente sanguínea¹⁵⁻¹⁷, aumentando consideravelmente sua concentração sérica¹⁸.

Assim, grande quantidade sérica da CK sugere a ocorrência de algum tipo de dano tecidual^{14,19} e permite, indiretamente, determinar o grau de agressão gerado pelo exercício²⁰.

Sabendo que essas lesões desencadeiam processos inflamatórios e admitindo que a inflamação gera calor¹⁹ em decorrência do aumento do metabolismo local, então, o nível inflamatório pode ser avaliado por meio de gradientes de temperatura. A termografia é um método não invasivo utilizado para registrar gradientes e padrões térmicos corporais^{21,22}, sendo utilizada para medir a radiação térmica (calor) emitida pelo corpo ou partes deste, podendo, portanto, ser utilizada para 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 preventiva²³.

Há alguns anos, a termografia vem sendo usada, entre outros, para determinar lesões do sistema musculoesquelético²⁴. Já a utilização da termografia como diagnóstico de lesões musculares após treinamento justifica-se pela facilidade do processo e por ser uma técnica não invasiva. Caso a hipótese esteja correta, será possível localizar com facilidade os pontos de inflamação muscular decorrentes do treinamento intenso. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi verificar a possibilidade da utilização da termografia no diagnóstico de lesões causadas pelo treinamento físico.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado com atletas adolescentes do Paraná Clube (equipe da série A do campeonato estadual) durante o mês de março de 2011.

Participantes

Participaram deste estudo 18 atletas do sexo masculino, com idades entre 15 e 17 anos, que treinam regularmente na equipe juvenil de futebol do Paraná Clube.

Os atletas foram divididos em dois grupos, sendo um denominado de controle e outro denominado grupo experimental. Cada grupo participou de uma sessão de treinamento. O grupo de controle participou de um treinamento de baixa intensidade. Já o grupo experimental participou de uma sessão de treinamento de alta intensidade. Apenas o grupo experimental realizou a determinação dos marcadores bioquímicos, mas ambos obtiveram imagens termográficas.

Procedimentos

Foi adquirida uma imagem termográfica do quadríceps femoral de cada atleta antes do início de uma sessão de treinamento. Após esta sessão de treinamento, coletou-se uma amostra de sangue para verificar o nível sérico de lactato de cada atleta do grupo experimental. Posteriormente, 24 horas após o treinamento, efetuou-se outra coleta de sangue, desta vez, para verificar o nível sérico de CK de cada atleta do grupo experimental. Nessa etapa, outra imagem termográfica indivi-

dual do quadríceps femoral também foi adquirida. Verificou-se a dobra cutânea da coxa dos atletas para fins de verificação da influência desta variável na temperatura medida pela câmera. Nesta pesquisa, optou-se por realizar o estudo dos membros inferiores direitos dos atletas, para que se pudesse avaliar também a influência da gordura subcutânea nas imagens termográficas²⁵⁻²⁸.

Definição da atividade

O grupo controle executou uma atividade de baixa intensidade, que consistiu de uma corrida contínua com monitorização da frequência cardíaca com zona alvo estabelecida entre 50 e 60% da frequência cardíaca máxima.

Já o grupo experimental, executou três exercícios de musculação (agachamento, *rack* e mesa extensora), com 80% da carga máxima do atleta em cada aparelho.

Para se chegar à carga máxima individual, foram seguidas as recomendações adaptadas de Kraemer e Fry, citada por Martins²⁹, que consiste em: 1) aquecimento de cinco a 10 repetições com cargas de 40 a 60% de uma repetição máxima (RM) estimada; 2) recuperação de 1min, seguidos por três a cinco repetições com 60% de 1RM estimada e uma recuperação de 3min; 3) aumento do peso visando alcançar as 10RM em três a cinco tentativas, com 5min de intervalo entre uma tentativa e outra; 4) foi registrado o valor de 10 repetições, com o peso máximo levantado na última tentativa bem sucedida.

Os exercícios consistem em séries consecutivas, com o máximo de repetições em cada uma delas, e intervalo de 90s entre as séries. Após cada série, eram retirados 10kg de carga do aparelho e o atleta realizava a nova série até que restassem apenas 20kg de carga no aparelho; nesse momento, o treino era encerrado. Todos os atletas executaram os exercícios seguindo a mesma ordem: agachamento, *rack* e mesa extensora.

Determinação dos marcadores fisiológicos

No grupo controle, não houve a análise dos marcadores lactato desidrogenase (LDH) e CK por restrição de recursos e por considerar que a atividade de baixa intensidade não traria lesões musculares nesse grupo³⁰. Por outro lado, sabe-se que as atividades físicas de alta intensidade^{18,31,32} contribuem para a lesão muscular pós-exercício e consequente aumento dos níveis de LDH e CK^{10,18}.

As amostras de plasma foram coletadas imediatamente após o treino para lactato desidrogenase (LDH) e 24h após o treino para creatina-quinase (CK) (U.L⁻¹). Para as determinações enzimáticas, foram utilizados kits comerciais (CELM[®]).

Aquisição da imagem termográfica

A captura da imagem termográfica foi efetuada em uma sala com ambiente climatizado a 23°C. Os atletas permaneceram por 15min na sala para que ocorresse um equilíbrio térmico, antes que se iniciasse o processo de aquisição das imagens. Foram utilizados os seguintes materiais: uma câmera termográfica (FLIR Systems Inc. modelo A-325); um computador (com o *software* específico para aquisição e processamento de imagens termográficas ThermoCam[™] Researcher Pro 2.9); e um termo-higrômetro digital (Minipa[®] modelo MT241) para monitorizar a temperatura e a umidade da sala.

A câmera termográfica utilizada tem uma resolução real integrada de 320 x 240 *pixels*, a qual possui sensores que permite medir as temperaturas variando de -20°C a +120°C. Essa câmera tem sensibilidade para detectar diferenças de temperatura menores que 0,08°C e possui exatidão de ± 2°C da temperatura absoluta, conforme especificações do fabricante³³.

Análise das imagens

Cada imagem capturada foi analisada da seguinte forma: criou-se uma máscara com uma imagem digitalizada do quadríceps femoral, impressa em papel transparente, que foi fixada no monitor do computador para que se pudesse fazer a localização anatômica dos músculos a serem analisados neste estudo (reto femoral – RF; adutor longo – AL; vasto medial – VM). Esse procedimento foi realizado em virtude de o *software* ThermoCAM™ Researcher³³ estar regulado para que a imagem térmica adquirida ficasse do mesmo tamanho da imagem de referência fixada na tela. Após a marcação destes músculos, foram coletadas a menor e a maior temperatura, a temperatura média e o desvio padrão da região selecionada do músculo conforme a figura 1.

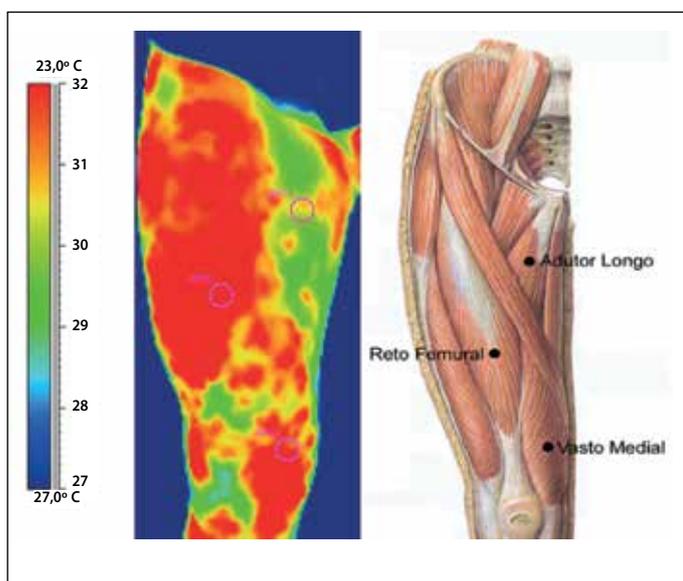


Figura 1. Protocolo de análise das imagens termográficas: (a) exemplo de imagem térmica analisada; e (b) imagem de referência (modificado de Sobotta, 2006).

Análise dos dados

A análise estatística dos dados foi realizada no *software* SPSS 13.0, no qual foram aplicados o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S test), o teste de correlação de Spearman (rho) entre as diversas variáveis medidas; o teste de Wilcoxon *Signed Ranks* e o teste de Mann-Whitney para verificar a diferença entre as médias de temperatura de cada músculo obtidas antes do exercício (pré-treino) e 24h após o treinamento físico (pós-treino).

Aspectos éticos

O estudo seguiu os aspectos éticos recomendados pela Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi aprovado pelo Comitê de Ética do Centro Universitário Campos de Andrade sob o protocolo 382/2011.

RESULTADOS

A temperatura média aferida por termografia na região dos músculos (adutor longo, vasto medial e reto femoral), os valores da dobra cutânea de coxa, do lactato (avaliado imediatamente após a atividade) e da CK (avaliado 24h após a atividade) estão apresentados na tabela 1.

Na figura 2, mostra-se uma sequência de quatro imagens. As duas primeiras referem-se a um atleta do grupo controle, obtida antes do treinamento (1) e 24h após o treinamento (2). As duas imagens seguintes pertencem a um atleta do grupo experimental, e também obtidas antes do treinamento (3) e 24h após (4). O atleta do grupo experimental que aparece nas duas últimas imagens teve a CK de 348 U.L.⁻¹, 24h após o treinamento.

Na tabela 2, descrevem-se os valores de correlação entre a temperatura média medida pelo termógrafo nas regiões correspondentes aos músculos adutor longo, vasto medial e reto femoral com os valores da dobra cutânea da coxa de toda a amostra estudada.

A correlação entre os índices de lactato e CK foi positiva e estatisticamente significativa, com valor rho igual a 0,661 ($p = 0,038$). Não houve correlação estatisticamente significativa entre os valores de CK

Tabela 1. Resultados da resposta dos marcadores bioquímicos e da variação de temperatura após atividade física em adolescentes atletas de futebol.

Cod	Lactato (mmol/L)	Ck (U.L. ⁻¹)	Grupo	Adutor longo		Vasto medial		Reto femoral		Dobra cutânea da coxa (mm)
				Temperatura (°C)		Temperatura (°C)		Temperatura (°C)		
				Pré	Após 24hs	Pré	Após 24hs	Pré	Após 24hs	
1	X	X	Controle	29,5±0,2	29,6±0,2	29,0±0,3	28,7±0,3	29,5±0,6	29,0±0,2	10,6
2	X	X		32,0±0,5	31,4±0,3	29,5±0,3	29,7±0,2	30,8±0,4	30,5±0,2	13,8
3	X	X		32,7±0,4	29,7±0,3	30,1±0,2	28,7±0,2	31,2±0,6	29,2±0,2	9,7
4	X	X		32,0±0,2	30,8±0,2	29,6±0,4	28,7±0,4	29,3±0,4	29,0±0,2	11,6
5	X	X		32,2±0,4	31,6±0,2	29,3±0,3	30±0,4	30,6±0,4	30,6±0,2	15,5
6	X	X		33,1±0,4	32,9±0,3	30,7±0,5	31,7±0,2	31,2±0,5	32,0±0,4	9,8
7	X	X		33,5±0,2	34,0±0,2	30,2±0,3	31,0±0,5	31,5±0,4	32,2±0,4	10,6
8	X	X		30,5±0,4	30,8±0,3	27,2±0,3	29,5±0,3	28,5±0,6	30,2±0,3	13,6
9	8,1	259	Experimental	29,8±0,2	31,3±0,1	29,2±0,2	30,9±0,1	29,6±0,2	30,8±0,4	13,0
10	5,8	129		31,4±0,2	31,9±0,1	30,3±0,3	31,2±0,2	31,0±0,1	32,0±0,2	8,3
11	6,6	216		32,2±0,1	33,8±0,2	30,8±0,3	32,1±0,3	31,3±0,6	32,3±0,5	5,7
12	7,3	270		31,0±0,4	31,8±0,3	29,7±0,3	30,3±0,3	29,3±0,6	30,6±0,4	10,3
13	11,3	962		30,2±0,4	31,1±0,3	27,8±0,2	28,9±0,2	28,8±0,5	29,7±0,4	17,6
14	6,9	1020		33,5±0,3	33,8±0,1	30,5±0,3	31,5±0,3	31,2±0,8	32,0±0,5	9,7
15	9,8	3150		31,5±0,2	33±0,2	26,8±0,4	29,3±0,4	29,4±0,8	30,9±0,4	7,2
16	9,7	278		31,8±0,2	31,4±0,1	29,8±0,3	30,8±0,3	30,9±0,3	31,5±0,3	13,8
17	9,3	317		30,3±0,2	30,7±0,3	28,5±0,2	29,2±0,3	29,2±0,3	29,6±0,1	12,4
18	8,7	348		31,5±0,3	32,2±0,1	28,4±0,3	29,9±0,3	30,8±0,5	31,5±0,2	12,0

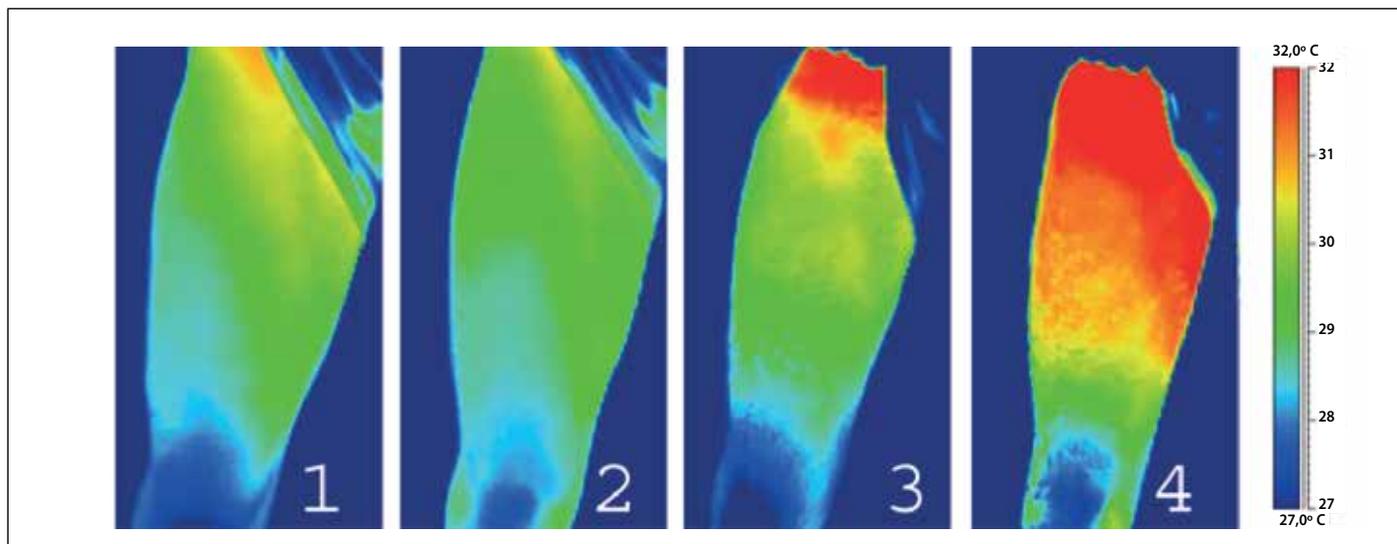


Figura 2. Comparação de imagem térmica pré-treino e 24h pós-treino. (1) Sujeito do grupo controle, pré-treino; (2) sujeito do grupo controle, 24h pós-treino; (3) sujeito do grupo experimental, pré-treino; e (4) sujeito do grupo experimental, 24h pós-treino.

Tabela 2. Correlação entre as temperaturas medidas em estado de repouso (antes do treino) e a dobra cutânea de coxa.

Sítio anatômico	Spearman's rho	p valor
Adutor longo	-0,336	0,086
Vasto medial	-0,499	0,017*
Reto femoral	-0,488	0,020*

* p < 0,05.

24h pós-treino e a variação de temperatura (24h pós-treino – pré-treino) nos músculos avaliados. A tabela 3 apresenta o resultado do teste de Wilcoxon *Signed Ranks* para a comparação da variação de temperatura (24h pós-treino – pré-treino) em cada músculo analisado dentro de cada grupo (controle e experimental), indicando que houve diferença de temperatura (24h pós-treino – pré-treino) estatisticamente significativa para os três músculos estudados apenas no grupo experimental.

Os resultados da tabela 3 sugerem que os exercícios realizados pelo grupo experimental foram capazes de produzir microlesões e, conseqüentemente, desencadear um processo inflamatório, que elevou a temperatura na região dos músculos estudados. E ainda, que esse pequeno gradiente de temperatura pode ser percebido através da análise das imagens termográficas obtidas (figura 2).

Tabela 3. Resultados do *Wilcoxon Signed Ranks Test* para a comparação da variação de temperatura (24 horas pós-treino – pré-treino) em cada músculo analisado dentro de cada grupo (controle e experimental).

	Grupo	Diferença de temperatura (24 horas – pré-treino)		
		Adutor longo	Vasto medial	Reto femoral
Z Asymp. Sig. (2-tailed)	Controle (n = 8)	-1,402(b) 0,161	-0,560(a) 0,575	-0,169(a) 0,866
Z Asymp. Sig. (2-tailed)	Experimental (n = 10)	-2,552(a) 0,011	-2,805(a) 0,005	-2,805(a) 0,005

a – baseado no rank negativo.
b – baseado no rank positivo.

O teste de Mann-Whitney indicou diferença estatisticamente significativa (p < 0,05) entre a variação de temperatura dos músculos do grupo que realizou exercícios excêntricos (grupo experimental) e a variação de temperatura dos músculos do grupo que realizou exercícios aeróbios (grupo controle), conforme listado na tabela 4.

Tabela 4. Resultados do teste de Mann-Whitney para a comparação da variação de temperatura (24h pós-treino – pré-treino) em cada músculo analisado entre os grupos experimental e controle.

	Varição no adutor longo	Varição no vasto medial	Varição no reto femoral
Mann-Whitney U	7,000	16,000	16,500
Wilcoxon W	43,000	52,000	52,500
Z	-2,938	-2,137	-2,093
p valor	0,003*	0,033*	0,036*

* p < 0,05.

DISCUSSÃO

A grande variação que se encontrou entre o nível de CK dos atletas pode ser explicada por haver variações individuais como idade, massa muscular, perfil lipídico e etnia³⁰, o nível de treinamento do indivíduo³⁴, o momento pós-exercício que a CK atinge o seu pico, e a utilização de alguns medicamentos ou drogas¹⁸, todas, variáveis que afetam a atividade desta enzima. Balhave e Thompson³⁵ afirmam que a CK atinge seu pico após 24h. Brancaccio *et al.*¹⁸ relatam que o nível de CK pode continuar aumentando até 72h após o exercício. Além disso, Brancaccio *et al.*³⁴ mostram que os valores de CK apresentam grande variabilidade e os níveis da enzima estão associados à propriedades musculares individuais.

Souza *et al.*³⁶ encontraram valores de CK em repouso em atletas adultos de futebol de salão de 256,1 ± 23,6U/L, enquanto que após o término da primeira e segunda partidas, os valores encontrados foram 372,6 ± 53,4 e 408,8 ± 68,8U/L, respectivamente.

Este estudo mostrou uma pequena variabilidade da dobra cutânea de coxa entre os avaliados, possivelmente pelo fato de a amostra tratar-se de atletas de alto desempenho. A temperatura superficial da pele correlacionou-se inversamente à espessura da dobra cutânea da coxa, corroborando a informação de que a gordura subcutânea proporciona um bom isolamento térmico para o fluxo de calor. Tal fato já era

esperado, pois Mardle *et al.*¹⁷ e Guyton e Hall³⁷ afirmam que gordura tem a condutividade térmica relativamente baixa, o que a torna um excelente isolante térmico. Savastano *et al.*³⁸ encontraram resultados similares quando mediram a temperatura corporal central através da ingestão de cápsulas de telemetria e da pele abdominal através da termografia infravermelha e termistores adesivos de dois grupos (obesos e de peso normal) e não encontraram diferença significativa entre os grupos da temperatura corporal central, porém, a temperatura da pele abdominal foi significativamente menor no grupo de obesos quando comparada aos participantes de peso normal, sugerindo que a gordura atua como isolante térmico. Além disso, sabe-se que a temperatura da pele depende da quantidade de calor que a atinge³⁹; neste sentido, Mardle *et al.*¹⁷ relatam que uma pequena quantidade de calor corporal é movimentada continuamente por meio de condução (uma das quatro formas de se dissipar o calor corporal), que ocorre por meio da transferência direta de calor de uma molécula à outra.

A transferência de calor é aumentada pelo crescente fluxo sanguíneo dos tecidos periféricos^{17,38,40}. O resultado encontrado neste estudo confirma a baixa condutividade térmica da gordura. Guyton e Hall³⁷ documentaram que a gordura tem cerca de um terço de condutividade quando comparada aos outros tecidos e Mardle *et al.*¹⁷ e Guyton e Hall³⁷, que a gordura subcutânea é um excelente isolante térmico, impedindo, desta forma, que haja uma grande transferência de calor do meio interno para o meio extracorpóreo, oferecendo uma certa resistência à perda do calor corporal¹⁷.

Os resultados apontam uma boa correlação $\rho = 0,661$ ($p = 0,038$) entre a creatina-quinase (CK) e o lactato desidrogenase (LDH). Ambas as enzimas são normalmente utilizadas como marcadores comuns de lesão muscular pós-exercício^{17,32,41}.

Tal resultado é também evidenciado nos trabalhos de Córdova e Navas⁴², que relatam que o CK e o LDH estão relacionados com o dano muscular. Em estado de repouso estas enzimas são encontradas em baixa concentração sérica; porém, após exercício intenso, normalmente aumentam consideravelmente sua concentração¹⁸. Este aumento é causado pela liberação dessas e de outras enzimas na corrente sanguínea após algum tipo de dano celular, permitindo assim que essas enzimas, que normalmente não são capazes de atravessar a membrana sarcoplasmática³¹, atravessem-na¹⁴. Este incremento pode representar necrose celular após a ocorrência de uma lesão muscular³⁴.

No presente estudo, não houve correlação entre a diferença de temperatura e os valores da creatina-quinase. Este resultado pode ser justificado por esta enzima estar relacionada diretamente com as características individuais do atleta, e também por variar seu momento de pico (sanguíneo) após o esforço⁴³. A elevação da atividade da CK pode manter-se por até 72h após o exercício^{18,36}.

Foi encontrada uma diferença significativa no gradiente de temperatura muscular (temperatura 24h após treino – temperatura antes

do treino) entre os grupos controle e experimental. Estudos relatam que a lesão muscular causada pelo exercício físico geralmente resulta da prática de uma atividade física não usual ou de uma série de ações musculares excêntricas^{10,44-46}, particularmente quando o exercício é intenso ou de longa duração⁴⁷.

Estas mínúsculas lacerações causam dano dos componentes contráteis e conseqüentemente liberação de creatina-quinase na corrente sanguínea^{14,17,44}. Estas lesões podem ser acompanhadas por uma resposta inflamatória⁴⁴, pois atividades físicas intensas tendem a aumentar a contagem leucocitária, sugerindo que há inflamação do tecido¹⁴. Segundo Garcia⁴⁸, a inflamação gera calor, o que explicaria a temperatura mais elevada encontrada no grupo que executou o treino anaeróbio intenso em comparação com o grupo que executou o treinamento aeróbio de baixa intensidade. Cabe ressaltar que, mesmo com a gordura atuando como isolante térmico, foi possível visualizar diferenças entre os dois grupos (figura 2).

Os resultados encontrados no presente estudo ratificam a afirmativa de Brioschi²³ quando sugere que a termografia pode ser utilizada como um exame auxiliar para diagnóstico médico. Na área da medicina ocupacional, Rosenblum e Liebeskind⁴⁹ também afirmam que o uso da termografia nas perícias médicas auxilia no estudo da evolução da dor e no diagnóstico de inflamação em afecções musculoesqueléticas.

Este estudo foi limitado pelo perfil dos voluntários, pois os resultados de um estudo similar, realizado em atletas com percentual de gordura elevado, talvez não apresente as mesmas possibilidades de apoio ao diagnóstico. E, ainda, pela rotina de treinamento dos atletas, pois não permitiu o acompanhamento da CK ao longo das 72 horas pós-treino.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem a possibilidade da utilização da termografia para, em conjunto com a creatina-quinase, determinar a intensidade e a localização de lesões musculares pós-treino, uma vez que o citado marcador bioquímico não consegue determinar a localização anatômica da lesão muscular.

Verificou-se, nesta pesquisa, a importância de controlar a camada de gordura da área avaliada, pois a mesma interfere nos valores absolutos de temperatura, podendo influenciar de maneira significativa os resultados de estudos com sujeitos com perfil lipídico heterogêneo.

Assim, pode-se dizer que a termografia tem um bom potencial para apoiar o diagnóstico de lesões musculares em atletas de diversas modalidades. Sua operacionalização exige um ambiente com temperatura controlada e a aquisição de equipamento semelhante ao que foi utilizado neste estudo. O custo médio desse equipamento gira em torno de R\$ 50.000,00. Por fim, sugere-se a realização de novos estudos, com atletas de futebol e de outras modalidades, utilizando, além da creatina-quinase, métodos de diagnóstico por imagem.

REFERÊNCIAS

1. Leite MAOST. Efeitos da crioterapia na recuperação das alterações na performance física e de indicadores lesão muscular induzida por um único jogo de futebol, 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências do Desporto) – Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.
2. Zoppi CC, Antunes-Neto J, Catanho FO, Goulart LF, Moura NM, Macedo DV. Alterações em biomarcadores de estresse oxidativo, defesa antioxidante e lesão muscular em jogadores de futebol durante uma temporada competitiva. Rev. paul. educ. fis., 2003;17:119-30.
3. Bangsbo J. Fitness Training in Soccer – A Scientific Approach. Auburn, Michigan: Data Reproductions, 2003.
4. Bosco C. Aspectos Fisiológicos de la Preparación Física del Futbolista. Barcelona: 3ª Ed. Editorial Paidotribo, 1993.
5. Garrett Jr WE, Kirkendall DT. A Ciência do Exercício e dos Esportes. Porto Alegre: Artmed, 2003.
6. Weineck J. Treinamento Ideal. São Paulo: 9ª Ed. Editora Manole, 1999.
7. Weineck J. Futebol Total – O treinamento Físico no Futebol. Guarulhos: Phorte Editora, 2004.
8. Verkhoshanski YV. Treinamento Desportivo: Teoria e Metodologia. Porto Alegre: Artmed, 2001.
9. Cruzat VF, Rogero MM, Borges MC, Tirapegui J. Current aspects about oxidative stress, physical exercise and supplementation. Rev Bras Med Esporte 2007;13:304e-10e.
10. Mäkinen TM, Rintamäki H, Karpakka J, Komulainen J, Hissa R. Submaximal exercise in the cold: does cooling potentiate the development of muscle injuries in the rat? Comp. Biochem. Physiol., Part A: Mol. Integr. Phys., 1998;121:273-8.
11. Ascensão A, Rebelo A, Oliveira E, Marques F, Pereira L, Magalhães J. Biochemical impact of a soccer match – Analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. Clin. Biochem. 2008;41:841-51.
12. Lazarim FL, Antunes-Neto JMF, Silva FOC, Nunes LAS, Bassini-Cameron A, Cameron LC et al. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. J. sci. med. sport. 2009;12:85-90.
13. Silva ASR, Santhiago V, Papoti M, Gobatto CA. Psychological, biochemical and physiological responses

- of Brazilian soccer players during a training program. *Sci. sports*. 2008;23:66-72.
14. Wilmore JH, Costill DL. *Fisiologia do Esporte e do Exercício*. São Paulo: Editora Manole, 2001.
 15. Suzuki K, Totsuka M, Nakaji S, Yamada M, Kudoh S, Liu Q et al. Endurance exercise causes interaction among stress hormones, cytokines, neutrophil dynamics, and muscle damage. *J. appl. physiol.* 1999;87:1360-7.
 16. Mougios V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *Br. j. sports med.* 2007;41:674-8.
 17. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do Exercício – Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. Rio de Janeiro: 5ª Ed. Editora Guanabara Koogan, 2003.
 18. Brancaccio P, Limongelli FM, Maffulli. Monitoring of serum enzymes in sport. *Br. j. sports med.* 2006;40:96-7.
 19. Machado M, Antunes WD, Tamy ALM, Azevedo PG, Barreto JG, Hackney AC. Effect of a single dose of caffeine supplementation and intermittent-interval exercise on muscle damage markers in soccer players. *JESF* 2009;2:91-7.
 20. Martins FSB. Alterações bioquímicas induzidas por diferentes tipos de provas de triatlo. 2010. Dissertação (Doutorado em Ciências do Desporto) – Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.
 21. Kitchem S, Young S. Princípios Eletrofísicos. In: Kitchem S, Bazim S. *Eletroterapia de Clayton*. São Paulo: Manole. 1998, p.46-58.
 22. Tan J-H, Ng EYK, Acharya UR, Chee C. Infrared thermography on ocular surface temperature: A review. *Infrared Phys. Technol.* 2009;52:97-108.
 23. Brioschi ML, Yeng LT, Pastor EMH, Teixeira MJ. Utilização da imagem infravermelha em reumatologia. *Rev Bras Reumatol* 2007;47:42-51.
 24. Balbinot LF. Termografia computadorizada na identificação de trigger points miofasciais. Santa Catarina: UDESC, 2006. 126 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do movimento humano - biomecânica, Florianópolis, 2006.
 25. Guedes DP, Guedes JERP. Controle do peso corporal. Rio de Janeiro: 2ª Ed. Shape Editora, 2003.
 26. Heyward VH. Avaliação física e prescrição de exercício: técnicas avançadas. Porto Alegre: 4ª Ed. Artmed, 2004.
 27. Mauad PJ, Foster C. Avaliação fisiológica do condicionamento humano. São Paulo: Phorte Editora, 2009.
 28. Pitanga FJG. Testes, medidas e avaliação em educação física e esportes. São Paulo: 3ª Ed. Phorte Editora, 2004.
 29. Martins B, Veloso J, França JB, Bottaro M. Efeitos do intervalo de recuperação entre séries de exercícios resistidos no hormônio do crescimento em mulheres jovens. *Rev Bras Med Esporte* 2008;14:171-5.
 30. Foschini D, Prestes J, Charro MA. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. *Rev. bras cineantropom. desempenho hum.* 2007;9:101-6.
 31. Pazikas MGA, Curi A, Aoki MS. Comportamento de variáveis fisiológicas em atletas de nado sincronizado durante uma sessão de treinamento na fase de preparação para as Olimpíadas de Atenas 2004. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11:357-62.
 32. Tricoli V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. *Rev. bras. ciênc. mov.* 2001;9:39-44.
 33. FLIR Systems Inc., ThermoCAM Researcher Professional Edition User's Manual. Version 2.8 SR-3, Publ. N 1 558 071 Rev. A196, December 2006. Disponível em: <http://maeresearch.ucsd.edu/kleissl/papers/IR/research.pdf> (acessado em 21/07/2009)
 34. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br. med. bull.* 2007;81, 82:209-30.
 35. Balnave CD, Thompson MW. Effect of training on eccentric exercise induced muscle damage. *J Appl Physiol* 1993;75:1545-51.
 36. Souza CT, Medeiros C, Silva LA, Silveira TC, Silveira PC, Pinho CA, et al. Avaliação sérica de danos musculares e oxidativos em atletas após partida de futsal. *Rev. bras cineantropom. desempenho hum.*2010;12:269-74.
 37. Guyton AC, Hall JE. *Tratado de Fisiologia Médica*. Rio de Janeiro: 11ª Ed. Elsevier, 2006.
 38. Savastano DM, Gorbach AM, Eden HS, Brady SM, Reynolds JC, Yanovski JA. Adiposity and human regional body temperature. *Am. J. Clin. Nutr.*2009;90:1124-31.
 39. Havenith G; Smith C, Fukazawa T. The Skin Interface - Meeting Point of Physiology and Clothing Science. *J. Fiber Bioeng. Inform.* 2008;1:93-8.
 40. Sehl PL. Respostas termoregulatorias de meninos púberes obesos e não-obesos durante pedalada no calor. Porto Alegre: UFRGS, 2010. 83 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do movimento humano, Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
 41. Knifis FW, Santos LC, Corrêa CA, Albuquerque AC, Filho JF, Dantas EHM. Características antropométricas e sua relação com microlesões induzidas pelo exercício. *Braz. J. Biomotricity* 2008;2:122-31.
 42. Córdova A, Navas FJ. Os radicais livres e o dano muscular produzido pelo exercício: papel dos antioxidantes. *Rev Bras Med Esporte* 2000;6:204-8.
 43. Fornaziero AM. Efeitos de um jogo de futebol sobre marcadores fisiológicos, bioquímicos e de performance. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2009. 124 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia, Curitiba, 2009.
 44. Eston R, Byrne C, Twist C. Muscle function after exercise-induced muscle damage: Considerations for athletic performance in children and adults. *JESF* 2003;1:85-96.
 45. Fonseca CER. Atividade da creatina quinase e lactato desidrogenase e o nível de citocinas no plasma de atletas de elite após 4-5 dias de duração em uma corrida de aventura (444 km). São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul, 2008. 74 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação Física, São Paulo, 2008.
 46. Rogero MM, Mendes RR, Tirapegui J. Aspectos Neuroendócrinos e Nutricionais em Atletas Com Overtraining. *Arq. bras. endocrinol. metabol.* 2005;49:359-68.
 47. Koikawa N, Nakamura A, Ngaoka I, Aoki K, Sawaki K, Suzuki Y. Delayed-onset muscle injury and its modification by wheat gluten hydrolysate. *Appl. Nutr. Invest.* 2009;25:493-8.
 48. Garcia DR. Validação da termografia no diagnóstico de lesões por esforços repetitivos/distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho, 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento Humano), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
 49. Rosenblum J, Liebeskind M. Thermography and the legal field. In: Lee MHM, Cohen JM. *Rehabilitation Medicine and Thermography*. Wilsonville: 2008.