

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA

FÁBIO BANDEIRA

A TERMOGRAFIA NO APOIO AO DIAGNÓSTICO DE LESÃO MUSCULAR NO
ESPORTE

DISSERTAÇÃO

CURITIBA
2013

FÁBIO BANDEIRA

A TERMOGRAFIA NO APOIO AO DIAGNÓSTICO DE LESÃO MUSCULAR NO
ESPORTE

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal Tecnológica do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre em Ciências” – Área de Concentração: Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Borba Neves
Co-orientador: Prof. Dr. Percy Nohama

CURITIBA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

B214 Bandeira, Fábio

A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte / Fábio Bandeira. – 2013.
103 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Eduardo Borba Neves.

Coorientador: Percy Nohama.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica. Curitiba, 2013.

Bibliografia: f. 87-103.

1. Sistema musculoesquelético – Ferimentos e lesões. 2. Diagnóstico. 3. Rugby. 4. Termografia. 5. Creatina quinase. 6. Esportes – Treinamento. 7. Engenharia biomédica – Dissertações. I. Neves, Eduardo Borba, orient. II. Nohama, Percy, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica. IV. Título.

CDD (22. ed.) 610.28

Biblioteca Central da UTFPR, Campus Curitiba

Título da Dissertação Nº 005

“A Termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte.”

por

Fábio Henrique Bandeira

Esta dissertação foi apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de **MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.)** – Área de Concentração: Engenharia Biomédica, pelo **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica (PPGEB)**, – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (**UTFPR**), *Campus Curitiba*, às 09h00min do dia **15 de julho de 2013**. O trabalho foi aprovado pela Banca Examinadora, composta pelos professores:

Prof. Eduardo Borba Neves, Dr.
(Presidente – UNIANDRADE / UTFPR)

Prof^a. Rafaela Franco Claudino, Dra.
(UNIB)

Prof. Júlio Cesar Bassan, Dr.
(UTFPR)

Visto da coordenação:

Prof. Bertoldo Schneider Jr., Dr.
(Coordenador do PPGEB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao amigo e orientador, professor Dr. Eduardo Borba Neves, que me concedeu a oportunidade e me proporcionou participar desta grande experiência, pois não fosse ele, nada disso teria acontecido.

Agradeço ao meu co-orientador professor Dr. Percy Nohama tanto pelo empréstimo do equipamento e laboratório de termografia, quanto pelas orientações e contribuições para melhorias do trabalho.

Sou grato ao professor Dr. Oslei de Matos pela permissão da utilização do laboratório.

Agradeço ao professor Dr. Julio Cesar Bassan pelos momentos de conhecimento propiciados em muitas conversas no LABDEN.

Agradeço aos meus “mentores intelectuais”, como os chamo, Professor Ms. Ricardo Battisti Archer e Professor Dr. Wilson da Silva.

Agradeço às acadêmicas Camila e Faena, e à biomédica Franciele, por se disponibilizarem em passar alguns finais de semana coletando sangue para completar a coleta de dados deste trabalho.

Agradeço aos atletas e toda a equipe do Curitiba Rugby Clube, que se disponibilizaram em comparecer nos finais de semana de coletas.

Agradeço à minha esposa Daniele e aos meus filhos Matheus e Ana Carolina, pela compreensão por minhas várias ausências. E aos meus pais, Oliveira e Ana Maria, que, mesmo indiretamente, me ajudaram bastante para concluir esta etapa de estudos.

Por fim, agradeço à Deus, que nos momentos mais difíceis, era a Ele que eu recorria e era Dele que eu recebia todo o conforto necessário.

RESUMO

BANDEIRA, Fábio. **A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte** (Dissertação) programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica da Universidade Federal Tecnológica do Paraná, 2013.

Introdução: Lesões musculares são muito comuns e costumam afastar os atletas da prática esportiva, tornando-se um transtorno também aos clubes. Devido às suas características, o rúgbi é um dos esportes que mais ocasionam lesões. A lesão muscular apresenta uma variação térmica localizada, provocando um acréscimo da temperatura local. Supostamente estes sítios podem ser avaliados através da mensuração da temperatura. **Objetivo:** o objetivo geral deste estudo foi analisar a utilização da termografia como método de apoio ao diagnóstico de lesões musculares em atletas de rúgbi durante atividades de treino e jogo. **Metodologia:** participaram deste estudo, 21 atletas de rúgbi do sexo masculino com idades entre 19 e 31 anos, inscritos na Confederação Brasileira de Rúgbi, pertencentes à categoria adulta de um clube profissional de nível nacional, que executam treinamentos diários a mais de dois anos e que tenham participado por pelo menos 40 minutos de um treino ou partida oficial de rúgbi. Foram realizadas duas coletas de sangue para identificação da concentração sérica de CK, expressa em IU/L, sendo uma 48 h pós-treino e outra 48 h pós-jogo. Foi realizada a aquisição da imagem infravermelha dos atletas, sendo estes previamente orientados sobre os procedimentos a serem seguidos no dia dos exames. No momento da coleta, os atletas permaneceram vestidos apenas com a roupa íntima, em pé, por 30 minutos em repouso muscular em uma câmara de adaptação à temperatura, com temperatura e umidade controladas entre 22° e 23 °C e 45 e 50% respectivamente. Foram coletadas imagens do tronco (superior) e das coxas (inferior), nas incidências anterior e posterior. As imagens foram analisadas de forma sistemática e por inspeção. **Resultados:** a análise sistemática demonstra que não houve correlação entre a variação da CK e a variação de temperatura dos músculos analisados. A temperatura média das áreas selecionadas de todos os músculos foram maiores nos momentos de maior CK, porém, a variação de CK não apresentou correlação positiva significativa com a temperatura nestes mesmos momentos. Quando separado os sujeitos que apresentaram variação maior que 50% no nível sérico de CK entre os momentos de maior e menor concentração, os músculos peitoral esquerdo, reto femoral esquerdo e o semitendíneo esquerdo apresentaram as maiores diferenças com p-valor de 0,037, 0,057 e 0,045, respectivamente. O hemisfério corporal esquerdo apresentou uma maior diferença de temperatura quando comparado com o hemisfério corporal direito. A avaliação por inspeção mostrou que as regiões: superior anterior e inferior posterior apresentaram 13 atletas com aumento de temperatura maior que 0,6 °C coincidindo com um aumento do nível sérico de CK. A região superior posterior e a região inferior anterior apresentaram 11 atletas com variação de temperatura maior que 0,6 °C entre os momentos de maior e menor CK. **Conclusões:** pode-se concluir que a termografia pode e deve ser utilizada como método de apoio ao diagnóstico de lesão muscular em atletas, recomendando-se a utilização da análise por inspeção visual.

Palavras-chave: Lesão muscular. Rúgbi. Termografia. Creatina quinase. Diagnóstico.

ABSTRACT

BANDEIRA, Fábio. **A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte** (Dissertation), post-graduate course in Biomedical Engineering at Universidade Federal Tecnológica do Paraná, 2013.

Introduction: Muscle lesions are very common and usually move away athletes from practicing sports, becoming also a nuisance to the clubs. Due to its characteristics, rugby is one of the sports where lesions on athletes happen very often. The muscle lesion presents a thermal variation in the affected area, causing a local increase of temperature. Supposedly these areas can be evaluated through the measurement of temperature. **Objective:** The general objective of this study was to analyze the use of thermography as a method of support on the diagnosis of muscle lesions in rugby athletes during training activities and games. **Methodology:** participating in this study were, 21 male rugby athletes, aged between 19 and 31 years old, registered with the Brazilian Rugby Confederation, belonging to the adult categories at a professional level of a national team, who perform daily training for over two years and who have participated for at least 40 minutes of training or of an official rugby match. Twice there were collections of blood samples so the serum CK could be identified, expressed in IU/L; one collection 48 hours after training and another 48 hours after a game. The infrared images of the athletes were obtained, these being previously instructed on the procedures to be followed on the day of the exam. On collection the athletes were dressed only with their underwear, standing up, for 30 minutes with muscle at rest in a chamber which adapts to the temperature, with temperature and humidity controlled between 22° and 23 °C and 45 and 50% respectively. Images were collected from the upper body (superior) and upper-legs (inferior), from anterior and posterior sides. The images were analyzed systematically and by inspection. **Results:** The systematic analysis revealed that there is no correlation between de CK variation and temperature variation in muscles analyzed. The average temperature in the selected areas of all muscles were higher when the CK was higher, however, the variation of CK did not show any significant positive correlation with the temperature in the same situations. When separating the participants who presented a variation higher than 50% on the serum CK level between moments of higher and lower concentration, the left upper body muscles, left rectus femoris and left semitendinosus presented the biggest differences with p-value of 0.037, 0.057 and 0.045, respectively. The left body hemisphere showed a bigger difference in temperature when compared with the right body hemisphere. The evaluation by inspection showed that the anterior superior and posterior inferior regions presented 13 athletes with increased temperature higher than 0.6 °C coinciding with an increase of the serum CK. The posterior superior and the anterior inferior presented 11 athletes with temperature variation higher than 0.6 °C between the moments of higher and lower CK. **Conclusions:** It is possible to conclude that thermography can and should be utilized as a supporting method to diagnose muscle lesion in athletes, recommending the use of the visual analysis by inspection.

Keywords: Muscle lesion. Rugby. Thermography. Creatine Kinase. Diagnosis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração que mostra os tipos de arranjos das fibras musculares	18
Figura 2 – Níveis organizacionais musculares básicos e tecidos conjuntivos que envolvem o músculo.....	20
Figura 3 – Microestrutura de uma fibra muscular esquelética composta por miofibrilas e cada miofibrila composta por unidades menores denominadas sarcômeros.	22
Figura 4 – Ilustração da centrífuga utilizada durante as análises sanguíneas	50
Figura 5 – Ilustração do analisador químico clínico utilizado para as análises sanguíneas.....	50
Figura 6 – Ilustração da câmera Flir A325 utilizada para a aquisição das imagens infravermelhas.....	51
Figura 7 – Momento da análise sanguínea no LABDEN	53
Figura 8 – Momento da aquisição da imagem infravermelha no laboratório de termografia da UTFPR	54
Figura 9 – Esquema do posicionamento da câmera em relação ao avaliado	55
Figura 10 – Imagem ilustrativa de como foram marcadas as áreas dos grupos musculares a serem analisados	56
Figura 11 – Imagem infravermelha da região superior posterior de um dos atletas no momento de menor concentração sérica de CK (a) e maior concentração sérica de CK (b).....	59
Figura 12 – Ilustração dos pontos analisados da região superior anterior e a escala de temperatura utilizada	59
Figura 13 – Ilustração dos pontos analisados da região superior posterior e a escala de temperatura utilizada	60
Figura 14 – Ilustração dos pontos analisados da região inferior anterior e a escala de temperatura utilizada.....	61
Figura 15 – Ilustração dos pontos analisados da região inferior posterior e a escala de temperatura utilizada.....	63
Figura 16 – Imagem infravermelha adquirida no momento de menor CK (a) e maior CK (b) da região superior anterior do sujeito 3 evidenciando 1 dos 8 pontos encontrados.....	71
Figura 17 – Imagem infravermelha adquirida no momento de menor CK (a) e maior CK (b) da região superior posterior	73
Figura 18 – Imagem infravermelha adquirida no momento de menor CK (a) e maior CK (b) da região inferior anterior do sujeito 21	74
Figura 19 – Imagem infravermelha adquirida no momento de menor CK (a) e maior CK (b) da região inferior posterior	75
Figura 20 – Exemplo de colisão sofrida em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi	77
Figura 21 – Exemplo de colisão sofrida em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi	77
Figura 22 – Exemplo de colisão sofrida em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi	78
Figura 23 – Exemplo de colisão sofrida em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi	78
Figura 24 – Exemplo de colisão sofrida em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi	79

Figura 25 – Momento em que o atleta inicia a aceleração de corrida	81
Figura 26 – Momento de desaceleração abrupta causada por um <i>tackle</i>	82
Figura 27 – Momento do início e fim de um <i>tackle</i> duplo realizado em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi	83
Figura 28 – Passe sendo executado para o lado esquerdo	84
Figura 29 – Atleta carregando a bola com a mão direita e protegendo com a mão esquerda em momento prévio ao impacto	85
Figura 30 – Ilustração demonstrando a técnica de um <i>tackle</i> sufocante.....	86
Figura 31 – Foto ilustrativa de um <i>scrum</i> realizado pelos atletas em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Intervalo de referência de lactato	41
Tabela 2 – Teste t e valores da média, menor e maior valores encontrados da concentração sérica de CK, bem como a variação percentual destes valores.....	58
Tabela 3 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região superior anterior e a variação percentual do nível de CK.....	60
Tabela 4 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região superior posterior e a variação percentual do nível de CK.....	61
Tabela 5 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região inferior anterior e a variação percentual do nível de CK.....	62
Tabela 6 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região inferior posterior e a variação percentual do nível de CK.....	62
Tabela 7 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região superior anterior nos momentos de menor e maior CK	64
Tabela 8 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região superior posterior nos momentos de menor e maior CK	64
Tabela 9 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região inferior anterior nos momentos de menor e maior CK	65
Tabela 10 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região inferior posterior nos momentos de menor e maior CK	65
Tabela 11 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região superior anterior e a variação percentual do nível de CK	66
Tabela 12 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região superior posterior e a variação percentual do nível de CK	66
Tabela 13 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região inferior anterior e a variação percentual do nível de CK	67
Tabela 14 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região inferior posterior e a variação percentual do nível de CK	67
Tabela 15 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região superior anterior nos momentos de menor e maior CK	68
Tabela 16 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região superior posterior nos momentos de menor e maior CK	68
Tabela 17 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região inferior anterior nos momentos de menor e maior CK	69

Tabela 18 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região inferior posterior nos momentos de menor e maior CK	69
Tabela 19 – Correlação entre as médias de temperatura das quatro regiões analisadas com a variação percentual de CK entre o momento de menor e maior CK	70
Tabela 20 – Pontos encontrados através da análise por inspeção visual que apresentaram variação maior que 0,6 °C e suas respectivas temperaturas médias referentes à região superior anterior	71
Tabela 21 – Pontos encontrados através da análise por inspeção visual que apresentaram variação maior que 0,6 °C e suas respectivas temperaturas médias da região superior posterior	72
Tabela 22 – Pontos encontrados através da análise por inspeção visual que apresentaram variação maior que 0,6 °C e suas respectivas temperaturas médias da região inferior anterior	73
Tabela 23 – Pontos encontrados através da análise por inspeção visual que apresentaram variação maior que 0,6 °C e suas respectivas temperaturas médias da região inferior posterior	75

LISTA DE ABREVIATURAS

A.C.	Antes de Cristo
ADP	Adenosina difosfato
ALT	Alanina aminotransferase
AST	Aspartato aminotransferase
ATP	Adenosina trifosfato
CBRU	Confederação Brasileira de Rugby
CM	Centímetros
CK	Creatina quinase
CRC	Curitiba Rugby Clube
H	Hora
HSP	Proteínas de choque térmico
IRB	<i>International Rugby Board</i>
IU/l	Unidade internacional por litro
LABDEN	Laboratório bioquímico e densitométrico
LDH	Lactato desidrogenase
M/S	Metros por segundo
MG/DL	Miligramas por decilitro
MHZ	Mega-hertz
MMOL	Milimol
MMOL/L	Milimol por litro
RM	Ressonância magnética
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
TC	Tomografia computadorizada
TGO	Transaminase glutâmica oxalacética
TGP	Transaminase glutamato-piruvato
UTFPR	Universidade Federal Tecnológica do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO GERAL	16
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2	REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1	FISIOLOGIA MUSCULAR	17
2.2	LESÃO MUSCULAR	26
2.3	DIAGNÓSTICO DA LESÃO MUSCULAR	27
2.3.1	Diagnóstico por Imagem	28
2.3.1.1	Tomografia computadorizada (TC)	28
2.3.1.2	Ressonância magnética (RM)	29
2.3.1.3	Ultrassom	30
2.3.1.4	Termografia	33
2.3.2	Diagnóstico por Marcadores Bioquímicos	34
2.3.2.1	Creatina quinase (CK)	34
2.3.2.2	Lactato desidrogenase (LDH)	37
2.3.2.3	Lactato	38
2.3.2.4	Aspartato aminotransferase (AST) ou transaminase glutâmica oxalacética (TGO)	41
2.3.2.5	Alanina aminotransferase (ALT) ou transaminase glutamato-piruvato (TGP)	42
2.3.2.6	Mioglobina	43
2.3.2.7	Troponina I	43
3	TERMOGRAFIA COMO MÉTODO DIAGNÓSTICO	44
3.1	HISTÓRICO	44
3.2	PRINCÍPIOS DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA	45
3.3	APLICAÇÕES DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA ÁREA MÉDICA	45
4	METODOLOGIA	49
4.1	PARTICIPANTES	49
4.2	MATERIAIS	49
4.2.1	Sistema de Coleta de Sangue	49

4.2.2	Análise Sanguínea	49
4.2.3	Câmara Infravermelha e <i>Software</i>	51
4.2.4	Câmara de Controle de Umidade e Temperatura	51
4.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	52
4.3.1	Procedimentos	52
4.3.1.1	Coleta de sangue	52
4.3.1.2	Aquisição da imagem infravermelha	53
4.3.1.3	Análise da imagem infravermelha	55
4.3.1.4	Análise estatística	57
5	RESULTADOS	58
5.1	RESULTADOS DA ANÁLISE SISTEMÁTICA	58
5.2	RESULTADOS DA ANÁLISE POR INSPEÇÃO VISUAL	70
6	DISCUSSÃO	76
7	CONCLUSÕES	89
	REFERÊNCIAS	91
	APÊNDICE A – PROCEDIMENTO DE PREPARAÇÃO PARA O EXAME	104

1 INTRODUÇÃO

A formação de atletas para o esporte de rendimento é dependente de um processo organizado em longo prazo (BÖHME, 2010), que demanda grande investimento de tempo e também financeiro (SORIANO, 2010) e que é associado a uma elevada taxa de evasão, tanto voluntária quanto involuntária da prática (VAZ, 2011). Tal processo constitui-se por um conjunto de recursos (instalações, contratação de profissionais qualificados, alimentação, viagens, competições, tratamentos médicos, etc.) que são propiciados por investimentos financeiros e que objetivam culminar em atletas que atinjam bons resultados esportivos e conseqüentemente gerem benefícios econômicos futuros aos clubes que detêm seus direitos (CRUZ; SANTOS; AZEVEDO, 2010; DAMO, 2005). Procura-se desta forma, minimizar gastos para que se obtenha uma maior margem de lucro na futura negociação dos direitos deste atleta.

Lesões musculares são muito comuns e costumam afastar os atletas da prática esportiva (PETERSON; RENSTRÖM, 2002), o que obviamente, torna-se um transtorno e gera gastos aos clubes. Esportes como futebol e rúgbi caracterizam-se por serem atividades intermitentes de longa duração (CUNNIFFE et al., 2010; GABBETT, 2003; GARRETT JR.; KIRKENDALL, 2003; JOUGLA; MICALLEF; MOTTET, 2010; SARGENTIM, 2010), com intensidade de exercício variável e ações diversas (chutes, lançamentos de bola, *tackles*¹, saltos, giros, fortes contrações para manutenção do equilíbrio, etc.) (ALVES; SOARES; LIEBANO, 2008; BAUDUER et al., 2011; GABBETT, 2003; STOLEN et al., 2005). Quando há um alongamento do músculo, concomitante à geração de tensão, esta ação muscular é denominada ação excêntrica (BARROSO; TRICOLI; UGRINOWITSCH, 2005). Esses esportes envolvem, portanto, enorme quantidade de ações de contrações excêntricas (CUNNIFFE et al., 2010; MOUGIOS, 2007) que causam alterações morfológicas nas fibras musculares (ESTON; BYRNE; TWIST, 2003; ISPIRLIDIS et al., 2008).

O alto impacto das colisões (CUNNIFFE et al., 2010; TAKARADA, 2003), agregado à sobrecarga funcional de intensidade e duração, pode causar lesões teciduais estruturais e em resposta do organismo, ocorre a inflamação de fibras

¹ *Tackle* é um fundamento técnico utilizado no rúgbi com a intenção de derrubar e impedir o avanço do adversário que está com a posse da bola.

musculares (CUNNIFFE et al., 2010; PETERSON; RENSTRÖM, 2002; YENG; KAZIYAMA; TEIXEIRA, 2003). Como resultado observa-se rupturas das estruturas citoesqueléticas (NETO et al., 2007; TAKARADA, 2003), causando alterações morfológicas e bioquímicas nas fibras musculares tanto por causa das lesões nas fibras quanto pelo posterior processo inflamatório (PAGE, 1995).

Quando a lesão muscular ocorre, há uma variação térmica no local comprometido, gerando um acréscimo da temperatura local (MORALES RÍOS et al., 2011; NOLA; GOTOVAC; KOLARIC, 2012), causado pelo aumento do fluxo sanguíneo nas proximidades da área afetada (PETERSON; RENSTRÖM, 2002), fazendo supor que estes pontos podem ser avaliados através da mensuração da temperatura (MORALES RÍOS et al., 2011). Alguns estudos tem mostrado que este aumento de temperatura pode ser utilizado, através da termografia, como método auxiliar de diagnóstico de lesão (BANDEIRA et al., 2012; MORALES RÍOS et al., 2011; RING; AMMER, 2012; TKACOVA et al., 2010).

A termografia é um método não invasivo e sem contato utilizado para registrar padrões térmicos corporais (TAN et al., 2009) sendo utilizado para captar o calor do corpo ou partes deste (GARCIA, D. R., 2004), e, portanto, pode ser utilizado como diagnóstico de lesões causadas pelo treinamento ou esporte (BRIOSCHI; ABRAMAVICUS; CORRÊA, 2005). A análise de imagens infravermelhas como diagnóstico tem como vantagens: baixo custo; ser uma técnica não-invasiva; ser indolor; sem contato; não-intrusiva; sem radiação ionizante; inócua; possuir a capacidade de disponibilizar as temperaturas de uma superfície em imagens de tempo real, podendo ser útil antes mesmo de ser processada, favorecendo o diagnóstico durante a recuperação; possibilitar a localização da lesão e ser capaz de demonstrar mudanças metabólicas e fisiológicas através de um exame funcional, e não estritamente dos detalhes anatômicos como em outros métodos de análise (BRIOSCHI; YENG; TEIXEIRA, 2007; CARVALHO et al., 2012; ITAKURA, 2012; TAN et al., 2009).

Existem diversos métodos para análise e diagnóstico de lesões musculares causadas pela atividade física (FOSCHINI; PRESTES; CHARRO, 2007). Medição da atividade de enzimas plasmáticas (por exemplo: creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), troponina I e mioglobina), 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 et al., 2012; DUFFIELD et al., 2012; FERNANDES; PEDRINELLI; HERNANDEZ, 2011; FOSCHINI et al., 2007; SBRICCOLI et al., 2001).

A CK é uma enzima que catalisa reações com transferência de energia com fosforilação reversível da creatina (LÓPEZ, 1969; NOGUEIRA et al., 1990; PESCE; KAPLAN, 1990). Geralmente, esta enzima está confinada no interior das células (WILMORE; COSTILL, 2001) e normalmente a sua concentração sérica é muito baixa (SUZUKI et al., 1999). A atividade plasmática da CK depende tanto da prática de atividades físicas quanto de algumas patologias (por exemplo: infarto do miocárdio) (GARCIA, M. C., 2004; LÓPEZ, 1969).

A CK vem sendo utilizada como biomarcador e parece ser um dos melhores indicadores de lesão tecidual após o exercício (ÅSTRAND et al., 2006; FOSCHINI et al., 2007; LAZARIM et al., 2009; MARTINS, 2010; SILVA, A. S. R. et al., 2008; WILMORE; COSTILL, 2001). A CK tem sido utilizada como marcador de lesão muscular em diversas pesquisas (CUNNIFFE et al., 2010; DUFFIELD; CANNON; KING, 2010; JOHNSTON; GABBETT; JENKINS, 2012; PUMPA et al., 2011; SINGH et al., 2011; TAKARADA, 2003).

Após danos nas fibras musculares causadas pelo exercício intenso e exaustivo (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; MOUGIOS, 2007; WILMORE; COSTILL, 2001) ocorre a liberação da CK na corrente sanguínea (SUZUKI et al., 1999), ocasionando um aumento considerável em sua concentração sérica (BRANCACCIO et al., 2008). Uma grande quantidade sérica da CK sugere que ocorreu algum tipo de dano tecidual nestas células (WILMORE; COSTILL, 2001) e permite, indiretamente, determinar o grau de agressão causado pelo exercício (MARTINS, 2010).

Por serem duas ferramentas já utilizadas separadamente por outros pesquisadores para o diagnóstico de lesão muscular, resolveu-se neste estudo, utilizar a creatina quinase e a termografia complementando-se como auxílio ao diagnóstico de lesão muscular. Através da utilização da termografia como diagnostico adjunto, tem-se o intuito viabilizar uma forma de minimizar o dispêndio de tempo e dinheiro, triando o atleta que necessita realizar um exame de maior custo.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a utilização da termografia como método de apoio ao diagnóstico de lesões musculares em atletas de rúgbi durante atividades de treino e jogo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a variação de temperatura de forma sistemática de diversos músculos corporais em momentos de menor e maior concentração sérica de CK;
- Analisar a variação de temperatura através da análise por inspeção visual de diversos músculos corporais, adotando como referência a região contralateral num mesmo momento e a mesma região em momentos distintos (menor e maior concentração sérica de CK);
- Correlacionar a variação da temperatura com a variação da CK.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 FISIOLOGIA MUSCULAR

Existem quatro tipos primários de tecido no corpo humano: nervoso, conectivo, epitelial e muscular (MAUGHAN; GLEESON; GREENHAFF, 2000). O sistema muscular é composto por três tipos de músculo, denominados liso, estriado cardíaco (encontrado apenas no coração) e estriado esquelético (DAVIES; BLAKELEY; KIDD, 2002; GUYTON, 2008; MAUGHAN et al., 2000; WILMORE; COSTILL, 2001). O corpo humano é constituído por mais de 600 músculos esqueléticos (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; WILMORE; COSTILL, 2001), onde cerca de 300 deles são claramente definidos (PETERSON; RENSTRÖM, 2002). O músculo esquelético corresponde a aproximadamente 40% do corpo humano, os músculos liso e cardíaco compõem cerca de 10% (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2010; DAVIES et al., 2002; FERNANDES et al., 2011; GUYTON; HALL, 2006; JARMEY, 2008).

O músculo liso é formado por células uninucleadas (DAVIES et al., 2002; SAMPAIO, 1997), é largamente disperso por todo o corpo, constituindo as paredes de órgãos ocos como tubo digestivo, visícula biliar, íris, corpo ciliar do olho (DAVIES et al., 2002; MAUGHAN et al., 2000; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; SAMPAIO, 1997) e da maioria dos vasos sanguíneos e não está sob controle consciente diretamente (GUYTON; HALL, 2006; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; WILMORE; COSTILL, 2001), sendo portanto um músculo involuntário, estimulado pelo sistema nervoso autônomo (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; SAMPAIO, E. S. D., 1997).

O músculo cardíaco também não se encontra sob controle consciente e é encontrado no coração (MAUGHAN et al., 2000; WILMORE; COSTILL, 2001) e porções adjacentes dos grandes vasos (veia cava, aorta). Este tipo de músculo mantém seu próprio ritmo, diferentemente de outros tecidos (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Os músculos esqueléticos variam a intensidade de seu metabolismo além de qualquer outro tecido, chegando a aumentar sua atividade até mais de 20 vezes o

seu valor de repouso (DAVIES et al., 2002). São os únicos que estão sob controle voluntário direto, podendo ser controlados conscientemente, ou seja, pode realizar contração voluntária (MAUGHAN et al., 2000; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; SAMPAIO, 1997; WILMORE; COSTILL, 2001). A função primária do músculo esquelético é gerar movimento através de sua capacidade de contrair-se (JARMEY, 2008). São denominados músculos esqueléticos porque em sua maioria, estão fixados ao esqueleto e são responsáveis pelo movimento deste (WILMORE; COSTILL, 2001). Vários tipos de tecido compõem o músculo esquelético, dentre eles o tecido nervoso, o sangue, células musculares e diversos tipos de tecido conjuntivo (POWERS; HOWLEY, 2000).

Com relação ao arranjo das fibras, estas podem ser fusiformes ou peniformes (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).



Figura 1 – Ilustração que mostra os tipos de arranjos das fibras musculares

Fonte: (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003)

A capacidade geradora de força e potência de um músculo é influenciada grandemente por diferenças no alinhamento e comprimento do sarcômero (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Com relação ao nível organizacional, cada célula muscular, denominada fibra muscular, é cilíndrica, longa, fina e multinucleada (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003), envolvida por uma fina camada de tecido conjuntivo chamado endomísio,

separando cada fibra da fibra vizinha (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; SAMPAIO, 1997; WILMORE; COSTILL, 2001). Conjuntos de pequenos feixes de fibras (até 150 fibras), denominados fascículos, são envolvidos individualmente por outra camada de tecido conjuntivo denominado perimísio (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; SAMPAIO, 1997; WILMORE; COSTILL, 2001). Por fim, cada um dos músculos é circundado por tecido conjuntivo fibroso denominado epimísio que tem a função de mantê-los unidos (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; WILMORE; COSTILL, 2001). Nas extremidades distal e proximal deste tecido há um afinamento do mesmo, formando um resistente e denso tecido de fibras colágenas denominado tendão, conectando as duas extremidades à camada mais externa do osso, que é denominada perióstio (MAUGHAN et al., 2000; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

Na Figura 2, pode-se visualizar os níveis organizacionais básicos da estrutura muscular.

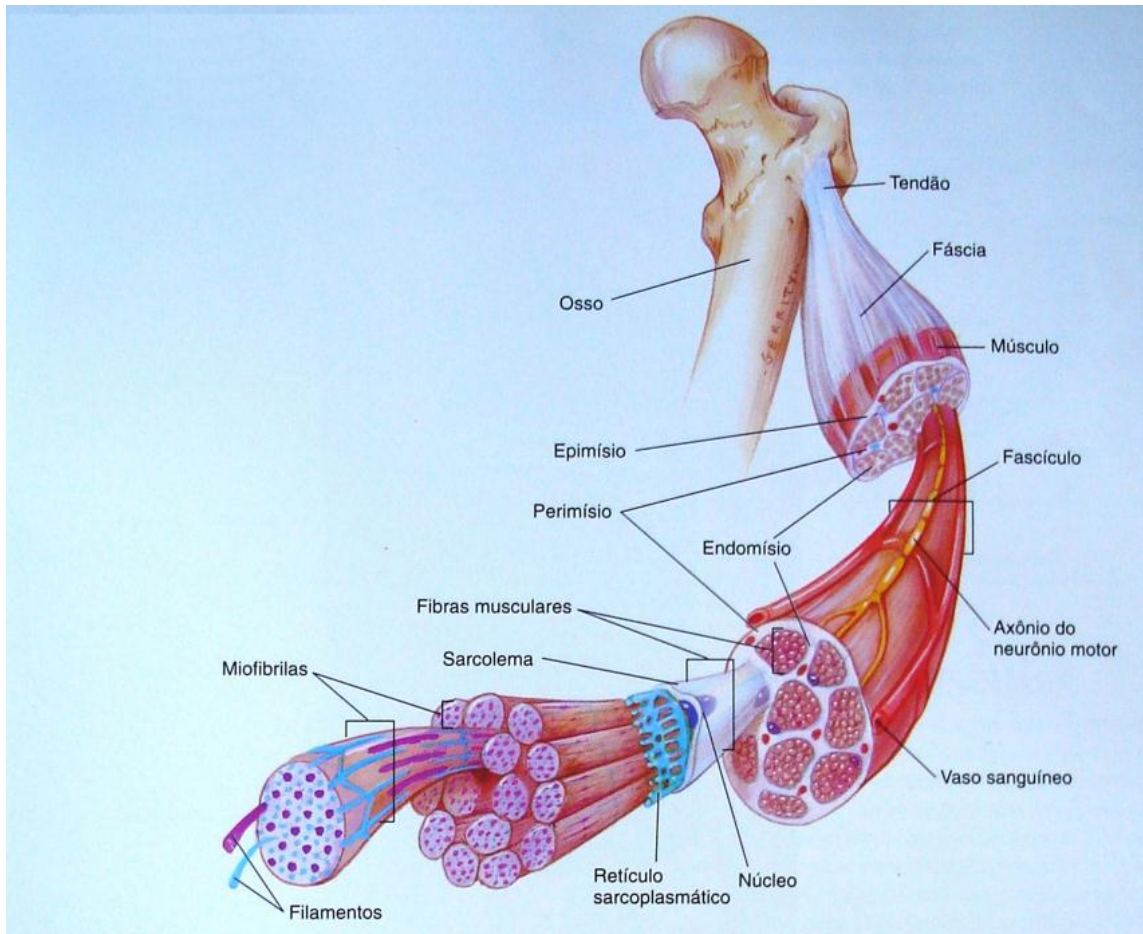


Figura 2 – Níveis organizacionais musculares básicos e tecidos conjuntivos que envolvem o músculo

Fonte: (POWERS; HOWLEY, 2000)

Uma extensa rede de pequenos vasos sanguíneos recobre o tecido muscular (PETERSON; RENSTRÖM, 2002). Veias e artérias paralelas às fibras musculares dividem-se em arteríolas, capilares e vênulas formando uma extensa ramificação dentro e envolta do endomísio com a função de assegurar um suprimento adequado de sangue oxigenado a cada fibra muscular bem como uma rápida remoção do dióxido de carbono. (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Músculos ativos precisam de uma quantidade consideravelmente maior de nutrientes e oxigênio (WILMORE; COSTILL, 2001). Em repouso, 95% dos capilares permanecem fechados, porém, durante a atividade física, abrem-se gradativamente para garantir o suprimento sanguíneo necessário aos tecidos ativos (PETERSON; RENSTRÖM, 2002).

Todos os músculos esqueléticos têm uma origem superior e uma inserção inferior onde o ventre forma a parte contrátil do músculo (PETERSON; RENSTRÖM,

2002). A origem do músculo refere-se ao local de união do tendão à uma parte esquelética relativamente estável, e em geral é conectada na extremidade proximal do corpo (JARMEY, 2008; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). A inserção refere-se ao ponto distal da conexão ao osso (JARMEY, 2008; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Em alguns músculos o ventre divide-se em várias partes, onde cada ventre tem sua própria origem. Músculos com duas origens são denominados bíceps, com três origens são denominados tríceps e com quatro origens são denominados quadríceps (PETERSON; RENSTRÖM, 2002).

A composição química do músculo esquelético é representada aproximadamente por 75% de água, 20% de proteína e 5% de sais e outras substâncias, tais como uréia, fosfatos de alta energia, cálcio, magnésio, fósforo, enzimas, íons de sódio, cloro, potássio, aminoácidos, carboidratos e gorduras (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). As proteínas mais abundantes são a miosina, a actina e a tropomiosina (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

A fonte energética utilizada para as atividades moleculares, incluindo os músculos esqueléticos, tanto em atividade quanto em repouso, é a adenosina trifosfato (ATP) (DAVIES et al., 2002). Em músculos ativos, a contração representa o maior consumo de ATP (DAVIES et al., 2002). A produção de ATP resulta tanto da respiração aeróbica quanto da anaeróbica sendo a primeira mais eficiente quando relacionada a quantidade produzida e a segunda mais eficiente quando relacionada à velocidade de produção (DAVIES et al., 2002).

Cada fibra muscular contém de centenas a milhares de miofibrilas (GUYTON; HALL, 2006; WILMORE; COSTILL, 2001). As miofibrilas são os elementos contráteis do músculo esquelético (WILMORE; COSTILL, 2001). São estruturas fusiformes composta por filamentos protéicos ainda menores, formados principalmente por duas proteínas denominadas actina e miosina (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; POWERS; HOWLEY, 2000), que estão dispostas de forma alternada entre um conjunto de filamentos de actina, seguido por um conjunto de filamentos de miosina, repetindo esta sequência por todo o comprimento da miofibrila (GUYTON, 2008). Ao longo dos miofilamentos da actina, na própria molécula, duas outras proteínas que afetam a contração muscular ou desempenham importante função estrutural estão presentes: são a troponina e a tropomiosina (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; POWERS; HOWLEY, 2000).

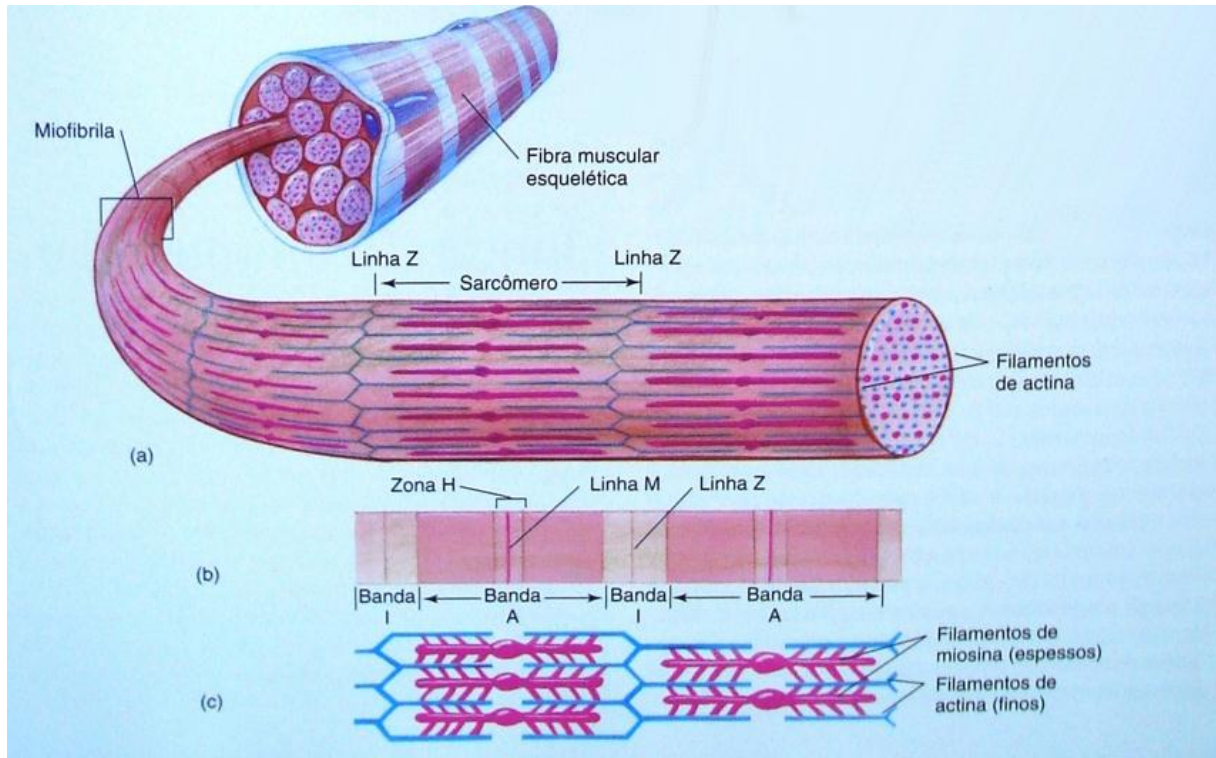


Figura 3 – Microestrutura de uma fibra muscular esquelética composta por miofibrilas e cada miofibrila composta por unidades menores denominadas sarcômeros.

Fonte: (POWERS; HOWLEY, 2000)

As miofibrilas são ainda subdivididas em segmentos individuais de unidades menores denominados sarcômeros (POWERS; HOWLEY, 2000; WILMORE; COSTILL, 2001). Estes representam a menor unidade funcional de uma miofibrila e conseqüentemente do músculo (MAUGHAN et al., 2000; WILMORE; COSTILL, 2001). Uma camada fina de proteínas, diferente dos miofilamentos de actina e miosina, denominada linha Z define a região de cada sarcômero, separando-o dos demais (MAUGHAN et al., 2000; POWERS; HOWLEY, 2000). Os filamentos de actina estão presos em ambas as extremidades na linha Z e se estendem a partir desta linha em ambas as direções para interdigitar com os filamentos de miosina (GUYTON, 2008; GUYTON; HALL, 2006; MAUGHAN et al., 2000). Os filamentos de actina fixam-se fortemente aos filamentos de miosina, causando repetidos encurtamentos das hastes de miosina, que por sua vez, produzem a contração do músculo ativo (DAVIES et al., 2002). Ao interagirem com os filamentos de actina, os filamentos de miosina giram ao redor da actina, fixando-se à filamentos alternados (DAVIES et al., 2002). Este processo representa a conversão da energia química armazenada no músculo em contração muscular (DAVIES et al., 2002).

No músculo esquelético não há homogeneidade quanto às fibras e suas propriedades contráteis e metabólicas (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Apesar das discussões existentes acerca da terminologia e critérios para a classificação do músculo esquelético, os pesquisadores identificaram basicamente dois tipos de fibras principais: tipo I (de contração lenta ou vermelhas) e tipo II (de contração rápida ou brancas) (MAUGHAN et al., 2000; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; PETERSON; RENSTRÖM, 2002; POWERS; HOWLEY, 2000) e são denominadas desta forma devido à sua velocidade de ação (WILMORE; COSTILL, 2001). Em outras palavras, esta classificação baseia-se na velocidade de contração, que está associada à velocidade com que as pontes cruzadas podem ser formadas, desfeitas e formadas novamente (DAVIES et al., 2002). Na maior parte dos grupos musculares há uma combinação de fibras rápidas e lentas (DAVIES et al., 2002; POWERS; HOWLEY, 2000). A percentagem de cada tipo de fibra contida nos músculos pode ser influenciada geneticamente, pelos hábitos de exercício da pessoa ou pelos níveis hormonais sanguíneos (POWERS; HOWLEY, 2000; WILMORE; COSTILL, 2001).

As fibras de contração lenta geram energia predominantemente através do sistema aeróbio² (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; POWERS; HOWLEY, 2000). Caracterizam-se por possuir lenta atividade relativa de miosina ATPase, velocidade de encurtamento mais lenta, menor capacidade de manipulação de cálcio, capacidade glicolítica menos desenvolvida quando comparada com as fibras de contração rápida, grandes e numerosas mitocôndrias (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003), uma alta concentração de mioglobina, alta atividade enzimática mitocondrial, distinguindo este tipo de fibra como altamente resistente à fadiga e com grande capacidade aeróbia (POWERS; HOWLEY, 2000), e tornando-as ideais para atividades aeróbicas de longa duração (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; SAMPAIO; VELOZO, 2001).

As fibras de contração rápida podem ainda ser classificadas em fibras tipo IIa, fibras tipo IIb (POWERS; HOWLEY, 2000) e IIc (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; WILMORE; COSTILL, 2001). Caracterizam-se por possuir uma alta capacidade de transmissão dos potenciais de ação, alta taxa de renovação das

² Sistema de reações geradoras de energia onde o oxigênio é o aceitador final de hidrogênio na cadeia de transporte de elétrons e determina em grande parte a capacidade para geração de ATP (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; POWERS; HOWLEY, 2000).

pontes cruzadas, rápida captação e liberação de Ca^{2+} , alta atividade da miosina ATPase (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Estes fatores contribuem para uma rápida geração de energia para contrações aceleradas (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Possuem uma quantidade relativamente pequena de mitocôndrias e conseqüentemente uma capacidade de metabolismo aeróbio limitada, não se mostrando tão resistentes à fadiga quanto as fibras de contração lenta (POWERS; HOWLEY, 2000). A velocidade de contração destas fibras é de três a cinco vezes maior que as fibras de contração lenta (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Tornando estas fibras ideais para contrações rápidas e potentes (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; SAMPAIO; VELOZO, 2001).

Durante exercícios dinâmicos podem ocorrer dois tipos de ação muscular: concêntrica e excêntrica (BILLAT, 2002; POWERS; HOWLEY, 2000). A ação concêntrica ocorre quando há um encurtamento muscular concomitante a um aumento de tensão e ação excêntrica ocorre quando há um alongamento do músculo, junto à geração de tensão (BARROSO; TRICOLI; UGRINOWITSCH, 2005; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). A repetição de ações excêntricas de alta força pode causar microlesões musculares, induzindo a um estado temporário de dor e rigidez muscular, inchaço, diminuição da capacidade de produção de força, resposta inflamatória e aumento das proteínas musculares no sangue, efeito geralmente percebido entre 6 e 12 horas após a sessão de treino (BARONI et al., 2010; BRANCACCIO; LIMONGELLI; MAFFULLI, 2006; CRUZAT et al., 2007; MAUGHAN; GLEESON, 2007). Esta sobrecarga muscular pode causar o rompimento das estruturas contráteis do músculo, com conseqüente infiltração de neutrófilos e liberação de proteínas, como a CK, LDH e troponina I (BRANCACCIO et al., 2006; SIQUEIRA et al., 2009; WILLOUGHBY; MCFARLIN; BOIS, 2003).

O dano causado ao tecido muscular é proporcional à duração e intensidade do exercício (BRANCACCIO et al., 2006; COELHO et al., 2011). Tais lesões evidenciam o surgimento de níveis elevados de enzimas musculares (CK, LDH e mioglobina, entre outras) horas após o término dos exercícios excêntricos (FORNAZIERO, 2009; FOSCHINI et al., 2007; MAUGHAN; GLEESON, 2007).

Geralmente estas proteínas são incapazes de atravessar a membrana plasmática (CRUZAT et al., 2007) estando confinadas no interior das células (WILMORE; COSTILL, 2001). Quando há a presença de grandes quantidades destas enzimas no sangue, acredita-se que as membranas celulares sofreram algum

dano, permitindo o extravazamento destas (WILMORE; COSTILL, 2001). Portanto, o nível de CK, LDH e mioglobina, dentre outros, podem ser elevados a partir do dano do tecido muscular em função de treinamentos intensos e prolongados (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007). Após sessão de treinamento intenso, a concentração destas enzimas no sangue pode aumentar de duas a dez vezes acima das concentrações habituais (WILMORE; COSTILL, 2001). A atividade sérica da CK tem sido muito utilizada em estudos que avaliam a lesão muscular ocasionada pelo exercício (CRUZAT et al., 2007).

A lesão muscular é muitas vezes associada à alteração de temperatura na superfície da pele, a qual pode ser visualizada e mensurada através do uso da termografia médica (TKACOVA et al., 2010). A lesão causada pelo esforço induz a uma resposta inflamatória local aguda, que cessa após alguns dias, depois da área afetada livrar-se do tecido danificado, dando início à fase de regeneração (CANNON; ST. PIERRE, 1998; NOLA et al., 2012; WILLOUGHBY et al., 2003). A elevação da temperatura corporal pode ocorrer, ou pelo processo de carcinogênese, ou, por uma resposta inflamatória (NOLA et al., 2012). Atualmente, considera-se a possibilidade de retratar a atividade fisiológica sobre a superfície da pele através da imagem infravermelha, utilizando-se de princípios físicos como a condução, convecção e radiação (NOLA et al., 2012). O fluxo sanguíneo e de outros fluidos, conduz o calor para a superfície da pele, de onde será emitido para a atmosfera através da radiação (BRIOSCHI et al., 2005; NOLA et al., 2012; SAFRAN; MCKEAG; CAMP, 2002). Esta energia infravermelha emitida pelo corpo pode ser mensurada através do procedimento diagnóstico denominado imageamento infravermelho, que é expressa na forma de imagens de alta resolução e podem diagnosticar, entre outros, inflamações e lesões esportivas (BRIOSCHI et al., 2005). Anormalidades infravermelhas podem, portanto, estar associadas a inflamações, lesões agudas ou crônicas, como estiramentos, rupturas, torções e contusões (BRIOSCHI, M.L. et al., 2005).

2.2 LESÃO MUSCULAR

Lesões dos tecidos moles (ligamentos, tendões e músculos) são as causas mais frequentes de incapacitação relacionadas a esportes recreacionais e de competição (SAFRAN et al., 2002). Atualmente, diversos pesquisadores do mundo todo, realizam pesquisas com o objetivo de aumentar a segurança do atleta e reduzir a incidência de lesões (ARLIANI et al., 2011). Porém, com as diversas mudanças que os esportes vêm sofrendo nos últimos anos, no que diz respeito a fatores como exigências físicas cada vez maiores (ARLIANI et al., 2011; COHEN et al., 1997; GABBETT, 2003), aumento da frequência de jogos e competições e exposição às cargas de treinamentos, fazem com que os atletas trabalhem próximo ao seu limite de exaustão, conseqüentemente causando uma maior predisposição à lesões (BARROS; GUERRA, 2004; CLOKE et al., 2012; COHEN et al., 1997; PALACIO; CANDELORO; LOPES, 2009; PETERSON; RENSTRÖM, 2002). A terapia na medicina esportiva tem como objetivo minimizar os efeitos adversos da resposta inflamatória traumática, proporcionando condições para o reparo dos tecidos lesionados e um retorno mais rápido e seguro à prática esportiva (SAFRAN et al., 2002).

Traumas de diferentes níveis podem causar lesões no esporte e há uma maior incidência de lesões traumáticas em esportes de contato tal qual é o futebol e o rúgbi (ALVES et al., 2008; PETERSON; RENSTRÖM, 2002). Por causa dos intensos contatos físicos, o rúgbi possui uma incidência relativamente elevada de lesões globais (GABBETT, 2003; NICHOLL; COLEMAN; WILLIAMS, 1995; SAFRAN et al., 2002).

Dependendo da definição de lesão e do desenho do estudo, pode-se alcançar uma incidência estimada em 10 a 15 lesões a cada mil horas de prática no futebol (ARLIANI et al., 2011). Gabbett encontrou 45,3 lesões por 1000 horas de treino de rúgbi (GABBETT, 2003). Buist encontrou uma incidência de 30,1 lesões por 1000 horas de prática de corrida em atletas não profissionais (BUIST et al., 2010).

No rúgbi as lesões acontecem em sua maioria, nos membros inferiores, seguidas por lesões de cabeça, pescoço e outras distintas dos membros superiores (ALVES et al., 2008; JUNGE et al., 2004).

Tanto no rúgbi quanto no futebol, as lesões musculares são as que ocorrem mais frequentemente, sendo uma das maiores dificuldades enfrentadas pelo atleta, inadequadamente tratadas e as menos compreendidas (EKSTRAND; HÄGGLUND; WALDÉN, 2011; GABBETT, 2003; PETERSON; RENSTRÖM, 2002; SAFRAN et al., 2002), tornando-se um desafio aos especialistas, pois a lenta recuperação afasta os atletas dos treinamentos e competições, havendo ainda certa frequência e recorrência nas lesões (BARROSO; THIELE, 2011). Contusões, estiramentos ou lacerações podem causar lesões musculares, que são classificadas atualmente em leve (grau I), moderada (grau II) e grave (grau III) (FERNANDES et al., 2011).

No rúgbi, os estudos de Gabbet apontaram que as lesões musculares de atletas semiprofissionais correspondem a 48,7% (adquiridas em treinamento) e 32,9% (adquiridas em jogos) (GABBETT, 2003). Os músculos são lesionados tanto por trauma direto (impacto) quanto por trauma indireto (sobrecarga), e o tratamento inadequado pode afastar o atleta lesionado por longos períodos (PETERSON; RENSTRÖM, 2002).

2.3 DIAGNÓSTICO DA LESÃO MUSCULAR

Danos musculares induzidos por exercício podem ser analisados através de métodos diretos e indiretos (FOSCHINI et al., 2007), podendo ser quantificados e confirmados por diversos indicadores, tais como marcadores de inflamação, níveis plasmáticos de enzimas musculares como CK e LDH, ultrassonografia, ressonância magnética (FOLEY et al., 1999; SBRICCOLI et al., 2001), tomografia. (FERNANDES et al., 2011), xerorradiografia (SUTTON, 1996) ou aquisição de resposta subjetiva de dor (FOSCHINI et al., 2007).

A evolução tecnológica e o rápido desenvolvimento da área de pesquisa médica estão possibilitando o surgimento de novos recursos para mensuração e diagnóstico de processos inflamatórios. Dentre eles, a termografia é uma destas técnicas e recentemente vem sendo utilizada para mensurar e diagnosticar processos inflamatórios (BANDEIRA et al., 2012; BRIOSCHI; YENG; TEIXEIRA, 2007; MAGAS, 2012).

2.3.1 Diagnóstico por Imagem

Exames por imagens podem ser úteis, no sentido de fornecer informações importantes para auxiliar no diagnóstico de lesões com maior precisão (FERNANDES et al., 2011; YENG et al., 2003). A seguir, descrevem-se alguns dos exames por imagens mais utilizados.

2.3.1.1 Tomografia computadorizada (TC)

A tomografia computadorizada produz um minucioso detalhamento anatômico de todas as partes do corpo (STIMAC, 1994). É um método de produção de imagens por meio dos raios-X, que incidem sobre detectores e convertem os fótons em cintilações. As cintilações produzidas são quantificadas e gravadas e as informações são passadas a um computador (SUTTON, 1996), que emprega uma técnica de reconstrução matemática para produzir a imagem (STIMAC, 1994). A TC parte do princípio que os filmes convencionais de raios-X fornecem apenas uma pequena proporção dos dados disponíveis e que por meio de escaneamento multidirecional, múltiplos dados decorrente dos tecidos que estiverem no caminho dos feixes de raios X serão coletados (SUTTON, 1996).

Dentre as vantagens, incluem-se: ótima resolução espacial e, portanto, anatômica; elevada precisão e especificidade na definição e verificação da lesão; alta sensibilidade para caracterizar lesões de difícil diagnóstico clínico, como lesão dentro do ventre muscular (FERNANDES et al., 2011; JÄRVINEN et al., 2007).

Dentre as desvantagens encontram-se: utilização de radiação ionizante (SCHAAP et al., 2008); alto custo do exame (LOPES et al., 1993); fornecimento de detalhes anatômicos, não sendo capaz de demonstrar alterações fisiológicas e metabólicas (ITAKURA, 2012).

2.3.1.2 Ressonância magnética (RM)

O tecido biológico apresenta, em nível microscópico (átomos ou núcleos), propriedades magnéticas com intensidade variável (DOYON et al., 2000). A ressonância é um fenômeno que ocorre quando há exposição de algum objeto, neste caso, o núcleo do hidrogênio, a uma perturbação oscilatória com frequência próxima a sua própria frequência natural de oscilação (WESTBROOK; KAUT, 2000). Haverá transferência de energia da onda de radiofrequência para o núcleo exposto caso seja aplicada exatamente na frequência do núcleo (DOYON et al., 2000; WESTBROOK; KAUT, 2000).

Também denominada ressonância nuclear magnética, este método baseia-se no fato de que alguns núcleos, tais como os prótons de hidrogênio, comportam-se como magnetos minúsculos que, quando submetidos a um campo magnético externo forte, alinham-se sob esse novo eixo magnético (SUTTON, 1996; WESTBROOK; KAUT, 2000).

O núcleo do átomo de hidrogênio (próton) é atualmente utilizado no estudo por imagens em ressonância magnética (DOYON et al., 2000), e na maioria das imagens obtidas em seres humanos (LUFKIN, 1999). O núcleo do átomo de hidrogênio contém apenas um próton, e é o núcleo ativo na RM por ser abundante no corpo humano e por seu único próton proporcionar um momento magnético grande (LUFKIN, 1999; WESTBROOK; KAUT, 2000). A obtenção de uma imagem matematicamente reconstruída ocorre com a utilização de campos magnéticos e ondas de rádio (BONTRAGER, 2003; SUTTON, 1996). A RM utiliza, portanto, pulsos de ondas de rádio, necessários para detectar os prótons magnetizados (SUTTON, 1996). A interação entre os núcleos e os campos magnéticos aplicados externamente, resultam em sinais que, por meio da representação das intensidades dos sinais eletromagnéticos de núcleos de hidrogênio, constituirão imagens em duas ou três dimensões (STIMAC, 1994).

Uma forma de mensurar o dano estrutural muscular induzido pela atividade física por meio de método direto é a captura de imagens empregando a técnica de ressonância magnética (FOSCHINI et al., 2007). A RM oferece excelente resolução espacial, bem como elevado contraste, ambas qualidades necessárias para a imagem músculo-esquelética. Esta técnica pode ser aplicada para obter imagens de

massas de tecido mole (STIMAC, 1994). A RM pode confirmar (ou excluir) a existência de lesões musculares fornecendo detalhada caracterização das mesmas (JÄRVINEN et al., 2007).

Dentre as vantagens da RM, apontam-se: não utilização de radiação ionizante, livrando de qualquer perigo biológico aparente (STIMAC, 1994; SUTTON, 1996); menor dependência do operador se comparada à ultrassonografia (MITTELSTAEDT, 2000); excelente discriminação dos tecidos moles (WESTBROOK; KAUT, 2000); verificação e caracterização de lesões de difícil diagnóstico clínico, como aquelas dentro do ventre muscular (FERNANDES et al., 2011; JÄRVINEN et al., 2007).

Dentre as desvantagens, indicam-se: alto custo dos aparelhos (SUTTON, 1996); não pode ser aplicada a pessoas que fazem uso de grampos metálicos, implantes, válvulas cardíacas, cliques vasculares, entre outros (DOYON et al., 2000; SUTTON, 1996); os usuários de marca-passos cardíacos constituem uma população de contraindicação absoluta da utilização do método, visto que este pode ter seu funcionamento prejudicado de forma transitória ou definitiva pelos intensos campos magnéticos gerados (DOYON et al., 2000; SUTTON, 1996); e por fim o alto custo do exame (LOPES et al., 1993).

2.3.1.3 Ultrassom

A ultrassonografia (ultrassom e ecossonografia) (BONTRAGER, 2003) é uma técnica empregada para a obtenção de imagens, que utiliza ondas sonoras de alta frequência e o registro das reflexões destas para produção das imagens (BONTRAGER, 2003; BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2010).

Trata-se de um procedimento não-invasivo, que não envolve a utilização de radiação ionizante e que proporciona avaliação diagnóstica pelas reflexões dessas ondas sonoras de alta frequência, fornecendo informações sobre todas as partes do corpo (STIMAC, 1994). O ultrassom passa por refração e reflexão das ondas sonoras na interface dos meios de índices diferentes de refração acústica (WEBB, 1988).

As ondas sonoras são produzidas e direcionadas para o interior do corpo até atingirem uma barreira tissular que irá refleti-las para o transdutor (BONTRAGER, 2003; SUTTON, 1996). As ondas produzidas atingem uma velocidade de cerca 1500 m/s (SUTTON, 1996) e quando refletidas, são denominadas ecos (BONTRAGER, 2003).

O transdutor é um cristal vibratório acionado eletricamente que tem a função de converter energia elétrica em energia ultrassônica (BONTRAGER, 2003; BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2010; BRANT; HELMS, 2008; SUTTON, 1996; WEBB, 1988). Provavelmente o transdutor é o componente mais importante no sistema de imagem de ultrassom (WEBB, 1988). O transdutor tanto envia quanto recebe as ondas de eco, agindo tanto como transmissor quanto como receptor, convertendo as ondas em tensões elétricas novamente (BONTRAGER, 2003; BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2010; SUTTON, 1996; TAN et al., 2009). Estas ondas sonoras de alta frequência (2 a 20 MHz) são utilizadas para gerar as imagens (BONTRAGER, 2003; MITTELSTAEDT, 2000; PRANDO; MOREIRA, 2007; STIMAC, 1994). Tal frequência de ondas sonoras não é transmissível em ar ou gás, apenas em sólidos e líquidos (BONTRAGER, 2003; BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2010).

As imagens são produzidas pela oscilação longitudinal contra a superfície do tecido (STIMAC, 1994). A intensidade das ondas pode ser alterada visando otimizar a penetração (STIMAC, 1994). Estas ondas são parcialmente refletidas pelo plano tecidual profundo, sendo parte delas recebidas pelo transdutor (STIMAC, 1994). Transdutores de 7,5 a 10 MHz alcançam varreduras de 3 a 4 cm e são utilizados na avaliação de tecidos superficiais, enquanto no exame de músculos mais profundos são utilizados transdutores de 3,5 a 5 MHz, os quais fornecem varreduras de 7 a 8 cm, podendo ser utilizados, tanto no caso do sujeito possuir uma maior massa muscular ou tecido subcutâneo gorduroso excessivo, quanto para avaliar uma lesão ou um grande segmento anatômico (MITTELSTAEDT, 2000). Quanto maior a frequência nominal do transdutor, menor a profundidade de penetração (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2010; BRANT; HELMS, 2008; MITTELSTAEDT, 2000) e melhor é a resolução espacial da imagem (BONTRAGER, 2003; BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2010; BRANT; HELMS, 2008). O transdutor utilizado determina o formato e aspecto da imagem resultante (BRANT; HELMS, 2008). Para

localizar lesões tridimensionais ou calcular volume é necessária a combinação das varreduras longitudinal e transversal (MITTELSTAEDT, 2000).

Recentemente, iniciou-se a obtenção de imagens musculoesqueléticas para diagnóstico, que podem ser utilizadas como complemento à ressonância magnética ou triagem para realização desta e vem se tornando uma ferramenta suplementar valiosa em medicina esportiva (BONTRAGER, 2003; BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2010). A ultrassonografia de alta resolução é ideal para avaliação de tecidos intersticiais moles, como músculos e tendões (MITTELSTAEDT, 2000). Exames de imagem ultrassônica fornecem informações para verificação e determinação da lesão com grande precisão (FERNANDES et al., 2011). Por ser um método relativamente barato, a ultrassonografia tem sido eleita como método para o diagnóstico clínico de lesões musculares (JÄRVINEN et al., 2007).

Dentre as vantagens dos exames ultrassonográficos, quando comparados às outras técnicas de obtenção de imagens, pode-se citar: são mais baratos que os exames de tomografia computadorizada e ressonância magnética (FERNANDES et al., 2011; MITTELSTAEDT, 2000; STIMAC, 1994); possibilitam verificar e caracterizar lesões de difícil diagnóstico clínico, como lesão dentro do ventre muscular (FERNANDES et al., 2011; JÄRVINEN et al., 2007); quando utilizados aparelhos de tempo real, o exame é rápido e completo, não possibilitando ponto cego entre os cortes (MITTELSTAEDT, 2000); a obtenção de imagens por ultrassonografia é inócua, indolor e não-invasiva (BONTRAGER, 2003); possibilitam avaliação dinâmica dos tecidos moles (BONTRAGER, 2003).

Dentre as desvantagens da utilização desta técnica, citam-se: a obtenção de imagens é fortemente dependente do examinador (BONTRAGER; LAMPIGNANO, 2010; FERNANDES et al., 2011; JÄRVINEN et al., 2007), pois é ele quem interpreta as imagens (BONTRAGER, 2003); estruturas ósseas e preenchidas por ar são barreiras para as ondas de alta frequência, dificultando a visualização de áreas anatômicas circundadas por osso (BONTRAGER, 2003; BRANT; HELMS, 2008).

2.3.1.4 Termografia

Qualquer objeto com a temperatura acima do zero absoluto emite radiação infravermelha ou radiação térmica (LAHIRI et al., 2012). A imagem infravermelha ou termografia constitui um método diagnóstico que capta e mensura esta radiação que é emitida pelo corpo, propiciando uma imagem da distribuição térmica da superfície cutânea (BRIOSCHI et al., 2005; BRIOSCHI; YENG; PASTOR; TEIXEIRA, 2007). Esta radiação é detectada por uma câmara infravermelha e a intensidade da radiação emitida é convertida para uma medida de temperatura (LAHIRI et al., 2012). A captação desta imagem térmica depende, portanto, da detecção da emissão de radiação da superfície da pele (WEBB, 1988).

A termografia pode ser utilizada para investigar uma ampla variedade de condições clínicas (WEBB, 1988) e possui uma elevada especificidade diagnóstica (BERZ; SAUER, 2007). Dentre elas, estudos metabólicos, avaliações de condições inflamatórias e avaliação de dores e traumas (BRIOSCHI; YENG; PASTOR; TEIXEIRA, 2007; WEBB, 1988). É um método capaz de localizar e quantificar objetivamente reações inflamatórias do sistema músculo-esquelético (BRIOSCHI; YENG; PASTOR; TEIXEIRA, 2007).

Este método apresenta vantagens como: isenção de radiação ionizante; inocuidade; baixo custo; indolor (BRIOSCHI; YENG; TEIXEIRA, 2007; CARVALHO et al., 2012); inexistência de contato físico (CARVALHO et al., 2012); não-invasividade (JONES; PLASSMANN, 2002; TAN et al., 2009); não-intrusividade; capacidade de disponibilizar as temperaturas de uma superfície em imagens de tempo real (TAN et al., 2009); possibilidade de localizar a lesão e é capaz de demonstrar mudanças metabólicas e fisiológicas em um exame funcional (ITAKURA, 2012; JONES; PLASSMANN, 2002); emprego de equipamento portátil (ITAKURA, 2012). Como este método é o foco do trabalho, será posteriormente discutido em capítulo próprio para ele.

2.3.2 Diagnóstico por Marcadores Bioquímicos

Grande parte das reações químicas ocorridas nos organismos vivos são catalisadas por enzimas (MOURA et al., 2008). Uma lesão sofrida por qualquer tecido leva as enzimas intracelulares à corrente circulatória (MOURA et al., 2008). A análise de concentrações de enzimas plasmáticas, como a CK, LDH, aspartato aminotransferase (AST), miosina, troponina I e interleucina, são métodos indiretos de análise de dano estrutural causado ao músculo esquelético (DUFFIELD et al., 2012; FOSCHINI et al., 2007; VAN DE VYVER; MYBURGH, 2012). A concentração sérica destas enzimas determina o estado funcional do tecido muscular e varia tanto em condições patológicas quanto fisiológicas (HAMMOUDA et al., 2012). Tais métodos diagnósticos são os mais utilizados por revelarem-se de baixo custo e de fácil coleta quando comparado aos métodos diretos (FOSCHINI et al., 2007).

2.3.2.1 Creatina quinase (CK)

A creatina quinase, ou creatinafosfoquinase foi descoberta em 1934 por K. Lohmann (LÓPEZ, 1969). É uma enzima citoplasmática e mitocondrial que catalisa reações com transferência de energia: a formação da adenosina trifosfato (ATP) e do difosfato de adenosina (ADP) com fosforilação reversível da creatina (LÓPEZ, 1969; NOGUEIRA et al., 1990; PESCE; KAPLAN, 1990).

Em humanos, quatro tipos de genes diferentes codificam as cinco isoenzimas de creatina quinase (PEREIRA; JUNIOR, 2007). Tal enzima é encontrada em diversos tecidos com diferentes concentrações (PESCE; KAPLAN, 1990). É encontrada principalmente na musculatura esquelética (CAMPBELL, 2000; FERNANDES et al., 2011; FRÉJAVILLE; KAUMOUN, 1989; LÓPEZ, 1969; MOURA et al., 1982), mas também no músculo cardíaco e tecido cerebral e em menor escala nos pulmões, rins, entre outros (HENRY, 1995; MOURA et al., 1982; MOURA et al., 2008).

A CK é um dímero composto por duas cadeias polipeptídicas denominadas “M” e “B”. Estas subunidades se combinam possibilitando a formação três tipos de

dímeros (isoenzimas): CK₁ (BB), CK₂ (MB) e CK₃ (MM) (LO et al., 2010; MOURA et al., 1982; NOGUEIRA et al., 1990; PESCE; KAPLAN, 1990). Cada isoenzima é predominantemente encontrada em um tecido humano específico: A CK-BB é a encontrada em maior quantidade no cérebro, a CK-MM nos músculos esqueléticos e miocárdio e a CK-MB é específica do miocárdio (LIMA et al., 1992; LO et al., 2010).

A distribuição relativa das isoenzimas em alguns dos órgãos mostra que o músculo possui 96% de CK-MM e apenas 4% de CK-MB, o cérebro e o pulmão apresentam 90% de CK-BB e 10% de CK-MM, o coração apresenta 60% de CK-MM e 40% de CK-MB (MOURA et al., 1982; MOURA et al., 2008; NOGUEIRA et al., 1990).

Existem ao menos cinco isoformas conhecidas de CK (PEREIRA; JUNIOR, 2007; PESCE; KAPLAN, 1990), das quais três localizam-se no citoplasma (CK-MM, CK-MB e CK-BB) e outras duas (CK-Mi ubíqua e CK-Mi sarcomérica ou CK-Mi_a e CK-Mi_b respectivamente) na mitocôndria (BRANCACCIO et al., 2008; PEREIRA; JUNIOR, 2007; PILLA, 2003). A CK-MM tanto pode ser um marcador de doenças musculares, quanto pode ser encontrada em diversas áreas das miofibrilas, onde há um alto consumo de ATP (BRANCACCIO et al., 2008; MAUGHAN et al., 2000). A CK-MM é ligada especificamente à estrutura da linha M da fibra muscular, que está localizada no sarcômero (BRANCACCIO et al., 2008; BRANCACCIO et al., 2007). A CK-MB aumenta com o infarto agudo do miocárdio, e a CK-BB aumenta com cerebrais (BRANCACCIO et al., 2008).

A CK-MM sérica é um marcador bioquímico que caracteriza a ruptura da membrana celular (BOUCHARD; HOFFMAN, 2011) e é utilizada frequentemente como marcador de dano muscular (FOSCHINI et al., 2007; HENRY, 1995; MOUGIOS, 2007; WILMORE; COSTILL, 2001), determinando o estado funcional do tecido muscular (BRANCACCIO et al., 2008). Sua determinação é de grande valia na investigação de lesões musculoesqueléticas (MOURA et al., 1982).

Tanto o treinamento excêntrico quanto o treinamento de resistência para pessoas que não possuem este hábito podem causar dor muscular, o que irá causar uma diminuição temporária das funções musculares e um aumento do extravasamento de proteínas intracelulares (ABOODARDA et al., 2011; NETO et al., 2007; STEVENS, 1996). Esta situação de dor muscular tardia é particularmente evidente após realização de exercícios excêntricos, manifestando-se, em média, 24 a 48 h após o término do exercício (SBRICCOLI et al., 2001).

Atividade intensa ou qualquer lesão no músculo esquelético ou cardíaco elevam os níveis séricos de CK (BURTIS; ASHWOOD; BRUNS, 2008; FRÉJAVILLE; KAUMOUN, 1989; MOURA et al., 1982; PESCE; KAPLAN, 1990). O dano muscular é uma consequência sistêmica da atividade física (LAC; MASO, 2004) e está associado à liberação de enzimas musculares (no caso a CK) (REILLY et al., 2005; TOTSUKA et al., 2002). Sua atividade no plasma varia conforme as condições fisiológicas, tais como alterações musculares causadas tanto por atividades físicas de alta intensidade ou devido a certos tipos de patologias (por exemplo: infarto do miocárdio, rabdomiólise ou distrofia muscular progressiva) (BRANCACCIO et al., 2008; GARCIA, 2004). Há, portanto, uma sensibilidade da atividade da CK às lesões musculares (LÓPEZ, 1969), sugerindo que o nível de concentração plasmática de CK pode ser considerado um indicador de lesão muscular (ABOODARDA et al., 2011). Esta concentração aumenta como consequência de treinamento intenso e prolongado (BRANCACCIO et al., 2008; BRANCACCIO et al., 2007), sugerindo uma deterioração progressiva na estrutura da membrana muscular.

A resposta da liberação da CK ao exercício depende tanto de características individuais (TOTSUKA et al., 2002) quanto do protocolo de exercícios e do estado de treinamento do indivíduo (MACHADO et al., 2009). Os valores apresentados por indivíduos do sexo masculino são maiores que os homólogos do sexo feminino (MOURA et al., 1982; PESCE; KAPLAN, 1990). Existem diferenças relacionadas com idade, sexo e raça para a atividade sérica de CK. A massa muscular e a atividade física também parecem influenciar nesta atividade (BRANCACCIO et al., 2007; PESCE; KAPLAN, 1990). Percebe-se, portanto, uma grande variação interindividual (LAZARIM et al., 2009).

Apesar de não avaliar a fração MM da CK, Black, Quallich et al. encontraram uma maior concentração média de CK total em pessoas negras que em pessoas brancas (BLACK; QUALLICH; GARELECK, 1986), sugerindo que há uma diferença racial na concentração da CK. Johnston, Lloyd et al. encontraram resultado similar em sua pesquisa (JOHNSTON et al., 1986).

Existe uma grande variabilidade individual no momento que se atinge o valor de pico de atividade de CK após o exercício. A CK tende a alcançar um máximo entre 16 e 24 h depois da atividade física e permanece elevada por aproximadamente 72 h (PESCE; KAPLAN, 1990). McLellan et al. encontraram um

aumento da CK a partir de 30 minutos após o término de uma partida de rúgbi, atingindo o pico às 24 horas e mantendo-se mais elevada até 120 horas, quando comparado com a análise feita 30 antes do início da partida (MCLELLAN; LOVELL; GASS, 2011). Em estudo feito por Aboodarda et al., foi encontrada uma tendência de aumento de CK a partir das 24 h e o valor de pico de atividade da mesma foi atingido no terceiro dia após o exercício e manteve-se elevada até o quinto dia (ABOODARDA et al., 2011). Totsuka, Nakaji et al. encontraram concentração de pico de CK variando entre 184 ± 16 IU/l e 751 ± 81 IU/l entre os 15 indivíduos estudados (TOTSUKA et al., 2002). Ispiridis et al. encontraram um aumento de CK logo após a partida de futebol, atingindo seu pico 48 h após o término do jogo (ISPIRLIDIS et al., 2008).

2.3.2.2 Lactato desidrogenase (LDH)

A oxidação do lactato a piruvato é uma reação reversível catalisada pela LDH, que é uma enzima de transferência de hidrogênio (BURTIS et al., 2008) encontrada no citoplasma de todas as células e tecidos (HENRY, 2008). A LDH está envolvida no metabolismo muscular (BRANCACCIO et al., 2006) e é abundante no músculo esquelético, fígado, miocárdio, eritrócitos e rim (MOTTA, 2009). É uma enzima catalizadora que, em condições de anaerobiose, atua na redução do piruvato a lactato, em uma reação reversível (FETT et al., 2004; FRANÇA et al., 2006; MAUGHAN et al., 2000). Em indivíduos adultos, os valores de LDH não sofrem alteração com a idade ou sexo (HENRY, 2008).

Normalmente, enzimas como a LDH são citoplasmáticas, estando limitadas no interior das células, apresentando uma baixa concentração sérica (CRUZAT et al., 2007; MOTTA, 2009). A tensão mecânica imposta às fibras musculares durante os exercícios irá causar um aumento da permeabilidade do sarcolema, levando a LDH a evadir-se para a corrente sanguínea, por isso, o aumento da concentração destas no sangue, sugere que houve algum tipo de lesão nas células (CRUZAT et al., 2007; FOSCHINI et al., 2007; KNIFIS et al., 2008; VAN DE VYVER; MYBURGH, 2012; WILMORE; COSTILL, 2001). A LDH é utilizada como um dos marcadores conhecidos de lesão muscular durante a atividade física e exercícios

(FOSCHINI et al., 2007; HAMMOUDA et al., 2012; LAZARIM et al., 2009). A atividade física exerce apenas um pequeno efeito sobre a LDH (HENRY, 2008), Tanada, citado por Henry, afirma que até mesmo a atividade física extenuante ocasiona um aumento de somente 25% nos valores médios (HENRY, 2008).

Existem várias frações isoenzimáticas, todas são tetrâmeros, e são formadas por subunidades H para a cadeia polipeptídica cardíaca e M para a cadeia polipeptídica muscular esquelética (MOTTA, 2009; PEREIRA; JUNIOR, 2007). A LDH compõe-se de 5 frações e as isoenzimas encontradas são: LDH-1 (HHHH), LDH-2 (HHHM), LDH-3 (HHMM), LDH-4 (HMMM), LDH-5 (MMMM) (BRANCACCIO et al., 2006; MOTTA, 2009; MOURA et al., 2008). No músculo esquelético e no fígado, há a predominância da isoenzima LDH-5 (MOURA et al., 2008). Esta isoenzima tem sua concentração elevada devido, entre outros fatores, a traumas musculares e exercícios de alta intensidade (MOTTA, 2009; PEREIRA; JUNIOR, 2007). A distribuição relativa das isoenzimas da LDH em alguns dos órgãos mostra que coração apresenta 40% de LDH₁, 35% de LDH₂, 20% de LDH₃, 5% de LDH₄ e 0% de LDH₅, o músculo apresenta 60% de LDH₅, 30% de LDH₄ e 10% de LDH₃ (MOURA et al., 2008).

O teste de LDH, quando combinado com aumentos de CK, e maiores elevações de aspartato aminotransferase (AST) que em alanina aminotransferase (ALT), mostram indício de lesão muscular ou cardíaca (HENRY, 2008).

Vários estudos utilizaram a LDH como marcador de lesão muscular (SPIRLIDIS et al., 2008; MENA; MAYNAR; CAMPILLO, 1996; SINGH et al., 2011; VAN DE VYVER; MYBURGH, 2012).

2.3.2.3 Lactato

A concentração de lactato é um dos indicadores de intensidade de exercício mais comumente utilizados (FORNAZIERO, 2009), sendo expresso habitualmente por convenção, em milimoles por litro total de sangue (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). O lactato é produzido em sua maior parte pela musculatura esquelética, e é considerado um intermediário metabólico (ÅSTRAND et al., 2006). É formado continuamente, tanto em repouso quanto em exercícios em ritmo estável, e, em

condições aeróbias, sua remoção corresponde ao seu ritmo de formação (ÅSTRAND et al., 2006; BASSAN, 2007; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; POWERS; HOWLEY, 2000). Se produzido nestas condições, será prontamente oxidado pelas fibras musculares do próprio músculo ou de músculos adjacentes menos ativos que possuam alta capacidade oxidativa ou mesmo por tecidos distantes, como o coração, gerando desta forma um equilíbrio entre a produção de lactato pelo músculo ativo e sua remoção (MAUGHAN et al., 2000; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; POWERS; HOWLEY, 2000). Um aumento em sua concentração significa que se criou um desequilíbrio entre a captação de lactato pelo sangue e a remoção deste (ÅSTRAND et al., 2006). Isto ocorre a partir de uma certa intensidade de exercício, variável entre os indivíduos, indicando que algumas fibras musculares não são capazes de suportar a carga de forma aeróbica (BASSAN, 2007).

A concentração sérica de lactato pode diminuir ou aumentar, dependendo da alteração da taxa de remoção deste por outros tecidos (WILMORE; COSTILL, 2001). Normalmente, em condições basais de repouso e em níveis leve a moderado de metabolismo aeróbio (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003), sua concentração sanguínea é muito baixa (cerca de 0,7 e 1,0 mmol/L em repouso) (BASSAN, 2007; POWERS; HOWLEY, 2000) e, portanto, não se acumula em qualquer nível de exercício (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; WILMORE; COSTILL, 2001), porém aumenta consideravelmente após a prática de atividades de elevada intensidade (BRANCACCIO et al., 2006; BRANCACCIO et al., 2008; MAUGHAN et al., 2000), onde ocorrerá produção de grandes quantidades de lactato (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; WILMORE; COSTILL, 2001), apresentando, portanto uma importante relação com a lesão muscular.

A mensuração da concentração de lactato é muito simples de determinar (ÅSTRAND et al., 2006) e é um dos parâmetros mais frequentemente utilizados para quantificar e fornecer um índice da intensidade da atividade realizada pelo atleta (SILVA et al., 2000; WILMORE; COSTILL, 2001). Tais valores dependem da taxa de produção, de sua difusão e de sua oxidação (WILMORE; COSTILL, 2001). A formação do lactato através da conversão da glicose (aproximadamente 50% da glicose metabolizada em condições oxigenadas converte-se em lactato (ÅSTRAND et al., 2006)), apesar de ser um processo anaeróbio, ocorre mesmo com a disponibilidade de oxigênio (MAUGHAN et al., 2000).

Devido a uma maior demanda de força, ocorre o aumento do trabalho e consequentemente o aumento do recrutamento de fibras de tipo II (MAUGHAN et al., 2000), favorecendo a formação de lactato (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). À medida que isto ocorre, acontecerá da formação de piruvato através da glicólise ultrapassar a taxa de entrada deste no ciclo do ácido tricarbóxico (ou ciclo de Krebs (CINGOLANI; HOUSSAY, 2004)), onde o excesso de piruvato poderá ser reduzido à lactato (ÅSTRAND et al., 2006; CINGOLANI; HOUSSAY, 2004; MAUGHAN et al., 2000). Quando a concentração de lactato começa a se acumular tanto nos músculos quanto no sangue além da concentração de repouso devido a exercícios de intensidade moderada a alta, anuncia-se o início do metabolismo energético anaeróbio (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). O valor aproximado de 4,0 mmol indica o início do acúmulo de lactato (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003), correspondendo ao máximo equilíbrio entre a produção de lactato e sua remoção (COELHO et al., 2009).

A causa do mecanismo responsável pelo início do acúmulo de lactato durante ações musculares intensas do músculo esquelético é controversa (MAUGHAN et al., 2000), porém, o acúmulo pode ser explicado habitualmente por uma hipóxia tecidual (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003), devido ao reflexo do recrutamento de fibras musculares em que sua capacidade glicolítica excede a capacidade de oxidação do piruvato (MAUGHAN et al., 2000) ou pelo fato de a enzima desidrogenase láctica (LDH) presente nas fibras de contração rápida favorecerem a conversão de piruvato em lactato (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

O lactato acumulado após a prática de exercícios intensos torna-se um substrato que pode ser utilizado como uma importante fonte de energia química para o metabolismo oxidativo, repondo parcialmente os ácidos graxos livres, a glicose e o glicogênio (ÅSTRAND et al., 2006). Isto ocorre quando há uma diminuição do ritmo do exercício ou durante a recuperação, quando o oxigênio é disponibilizado em quantidade suficiente novamente (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003; POWERS; HOWLEY, 2000). Grande parte deste lactato entra na circulação através da via gliconeogênese e será utilizado pelo fígado para a ressíntese em piruvato e glicose, que retornam ao sangue, onde poderão ser utilizados novamente pelo músculo (ÅSTRAND et al., 2006; CAMPBELL, 2000; CINGOLANI; HOUSSAY, 2004; DAVIES et al., 2002; MAUGHAN et al., 2000).

Indivíduos treinados conseguem exercitar-se com intensidade elevada mesmo com uma concentração sérica de lactato superior a 6 ou 7 mmol/L, o que corresponde a 4 a 5 vezes mais que o valor de repouso (WILMORE; COSTILL, 2001), alcançando níveis séricos de lactato 20 a 30 % mais altos quando comparados com indivíduos destreinados (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Para uma mesma taxa de trabalho, expressa tanto em termos relativos quanto absolutos, a concentração sérica de lactato é menor em indivíduos treinados que em indivíduos menos treinados (MAUGHAN et al., 2000; WILMORE; COSTILL, 2001). Isto pode ser explicado por diversos fatores, inclusive por uma maior capacidade de eliminação e por uma taxa reduzida de produção de lactato nos indivíduos treinados (MAUGHAN et al., 2000; WILMORE; COSTILL, 2001).

Os intervalos de referência para o lactato estão demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Intervalo de referência de lactato

Amostra	Lactato	
	mmol/L	Mg/dL
Sangue venoso		
Em repouso	0,5 a 1,3	5 a 12
Sangue arterial		
Em repouso	0,36 a 0,75	3 a 7

Fonte: (BURTIS et al., 2008)

Em estudo realizado com adolescentes praticantes de natação, tênis e futsal, Silva et al. encontraram uma concentração de lactato de 4,0, 7,7 e 8,7 mmol entre as faixas etárias respectivamente de 9 a 11 anos, de 12 a 14 e de 15 a 17 anos após uma sessão de treinamento físico específico da modalidade (SILVA et al., 2007). Castagna et al. encontraram uma média de 5,3 mmol/L em jogadores profissionais de futsal após jogos de treinamento (CASTAGNA et al., 2009).

2.3.2.4 Aspartato aminotransferase (AST) ou transaminase glutâmica oxalacética (TGO)

A AST é uma enzima catalisadora que atua na transferência de grupos amina e cetona entre alfa-aminoácidos e alfa-cetoácidos sendo por esta razão uma

transferase (NOGUEIRA et al., 1990). As aminotransferases são vastamente distribuídas nos diversos tecidos humanos, com atividades mais elevadas de AST-TGO no músculo esquelético, fígado e miocárdio (BURTIS et al., 2008; HENRY, 2008; MOTTA, 2009). A AST-TGO é uma das enzimas catalizadoras que exercem um papel central na síntese e degradação dos aminoácidos, também atuando como ponte entre o metabolismo do aminoácido e do carboidrato (MOTTA, 2009).

Existem duas frações enzimáticas, uma citoplasmática (correspondendo a uma fração de 60%) e outra mitocondrial (correspondendo a uma fração de 40%) (BURTIS et al., 2008; NOGUEIRA et al., 1990). Esta proteína também é utilizada como marcador de dano muscular induzido pelo exercício (HAMMOUDA et al., 2012; LAZARIM et al., 2009). Normalmente, esta proteína é incapaz de atravessar a membrana celular e um incremento das concentrações desta na circulação, reflete alteração na permeabilidade e estrutura da membrana miofibrilar, indicando indiretamente que houve lesão muscular (CRUZAT et al., 2007; KNIFIS et al., 2008).

Nos homens, o principal determinante dos valores de AST-TGO é a atividade física: os exercícios extenuantes (treinamento intensivo) ocasionam um aumento de até três vezes o valor de repouso (HENRY, 2008). Alguns estudos vêm sendo feitos valendo-se da AST-TGO como marcador de lesão muscular (DUFFIELD et al., 2010; LIPPI et al., 2012; MENA et al., 1996; WAŚKIEWICZ et al., 2012). A variação diária dos valores de AST-TGO está em torno de 5 a 10% (HENRY, 2008). O aumento das concentrações séricas de AST-TGO também é indicativo de lesão hepática (WAŚKIEWICZ et al., 2012).

2.3.2.5 Alanina aminotransferase (ALT) ou transaminase glutamato-piruvato (TGP)

A ALT-TGP catalisa a reação reversível da produção de alanina a partir do piruvato (BURTIS; ASHWOOD; ALDRICH, 1998; SMITH; MARKS; LIEBERMAN, 2007). Esta enzima está presente no fígado, músculo esquelético e no coração (BURTIS et al., 1998), sendo exclusivamente citoplasmática (NOGUEIRA et al., 1990).

A atividade física extenuante em pessoas do sexo masculino ocasiona um aumento nos valores de ALT-TGP em até 50% (HENRY, 2008). Lesão hepática também ocasiona aumento das concentrações séricas de ALT-TGP (WAŚKIEWICZ et al., 2012). Há uma variação diária de AST-TGP de 10 a 30% (HENRY, 2008).

2.3.2.6 Mioglobina

A mioglobina é um composto protéico que contém ferro e que armazena o oxigênio intramuscular, participando de forma funcional da difusão deste da membrana celular para as mitocôndrias, contidas no interior da célula muscular (FOSS, 2010; MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003). Danos nos componentes contráteis do tecido muscular ou micro lacerações liberam mioglobina, elevando seu nível sérico (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

2.3.2.7 Troponina I

Troponinas são proteínas contidas nas células musculares (MOTTA, 2009). A troponina possui três subunidades: troponina I (que se une à actina), troponina T (que se une à tropomiosina) e a troponina C (que pode se unir aos íons de cálcio) (MAUGHAN et al., 2000). A troponina I é um biomarcador específico de danos em fibras musculares (MCARDLE; KATCH; KATCH, 2003).

3 TERMOGRAFIA COMO MÉTODO DIAGNÓSTICO

3.1 HISTÓRICO

A temperatura mostrou-se historicamente um bom indicador de saúde (FILHO, 1999; LAHIRI et al., 2012; TAN et al., 2009) e vem sendo utilizada na investigação de alterações fisiológicas e patológicas desde 400 A.C. através de diferentes técnicas (TAN et al., 2009). Hipócrates foi o primeiro médico a observar o calor corporal e é atribuído a ele o primeiro método de mensuração da temperatura corporal (BERZ; SAUER, 2007; KIMIO; TATSUO, 1997). Já no século 17, Galileu inventa o termoscópio, e baseado neste precursor, foi desenvolvido o termômetro moderno, que foi utilizado pela primeira vez pelo médico italiano Santorio (BERZ; SAUER, 2007; FILHO, 1999; TAN et al., 2009). A termometria desenvolveu-se então lentamente à partir destes experimentos de Galileu (RING, 2007). No início de 1800, Willian Herschel descobre a radiação infravermelha e posteriormente, em 1840, seu filho John Herschel produz a primeira “imagem de calor” (FILHO, 1999; MCCAFFERTY et al., 2011; RING, 2007). Em Frankfurt, no ano de 1928, Czerny documentou a primeira imagem infravermelha em humanos (BERZ; SAUER, 2007; SZENTKUTI; SKALA KAVANAGH; GRAZIO, 2011).

Em 1934, James D. Hardy descreve o papel fisiológico da emissão infravermelha corporal, estabelecendo a importância da mensuração da temperatura através desta técnica, abrindo caminho para a utilização da termografia nas ciências médicas (HARDY; MUSCHENHEIM, 1934; LAHIRI et al., 2012). No início da década de 1940 o primeiro sensor eletrônico para a radiação infravermelha desencadeou um grande desenvolvimento (RING, 2007). Entre 1959 e 1961 foram realizadas as primeiras imagens médicas, com um protótipo britânico denominado *Pyroscan* (RING, 2007). Inicialmente, nas primeiras décadas, devido às várias limitações, a termografia médica não era aceita pelo corpo médico (BERZ; SAUER, 2007). O avanço tecnológico alcançado pelas câmeras infravermelhas nos últimos anos resultou em melhoria da capacidade de diagnóstico e maior confiança, tornando este instrumento, um poderoso método de medição (HILDEBRANDT et al., 2012).

3.2 PRINCÍPIOS DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

Qualquer corpo com temperatura acima de $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ emite radiação eletromagnética, a qual é conhecida por radiação infravermelha ou radiação térmica, proporcional à sua temperatura (BRIOSCHI; YENG; PASTOR; COLMAN; et al., 2007; LAHIRI et al., 2012). A radiação infravermelha é invisível a olho nu e indica o grau de agitação molecular (BRIOSCHI; YENG; PASTOR; COLMAN; et al., 2007). A imagem térmica é dependente da emissão de radiação da superfície da pele e com o auxílio de uma câmera especial, consegue-se efetuar um mapeamento térmico preciso do corpo humano, por meio da conversão da energia térmica emitida pelo corpo, em sinais elétricos, que são digitalizados e apresentados em forma de imagem (ITAKURA, 2012; WEBB, 1988). A técnica consiste em detectar a radiação infravermelha, que pode ser correlacionada com a distribuição de temperatura de um corpo definido (HILDEBRANDT et al., 2012).

3.3 APLICAÇÕES DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA NA ÁREA MÉDICA

A termografia médica infravermelha constitui-se fundamentalmente em uma técnica de imagem digital bidimensional que fornece dados sobre a fisiologia dos tecidos (HILDEBRANDT et al., 2012). A imagem infravermelha é também conhecida como termografia (VOLLMER; MÖLLMANN, 2010). Uma ampla variedade de condições clínicas pode ser investigada através da termografia (WEBB, 1988), a qual demonstra grande especificidade diagnóstica, sendo capaz de identificar tanto a saúde quanto os primeiros sinais de desvio do estado de saúde ideal (BERZ; SAUER, 2007). Tal método pode ser utilizado como ferramenta de diagnóstico suplementar para várias doenças (VOLLMER; MÖLLMANN, 2010).

A termografia é uma técnica não-invasiva capaz de medir a quantidade de radiação emitida pelo corpo, fornecendo o valor da temperatura superficial deste (GARCIA, 2004). É também capaz de exibir em tempo real a alteração e distribuição da temperatura cutânea (TAN et al., 2009), sendo o meio mais eficiente para mensurar e estudar este fenômeno atualmente (BRIOSCHI; MACEDO; MACEDO,

2003). Esta tecnologia é utilizada para detectar e localizar anormalidades térmicas caracterizadas por aumento ou diminuição da temperatura cutânea (HILDEBRANDT et al., 2012).

A manutenção da temperatura corporal é um fenômeno complexo (BRIOSCHI et al., 2003). O corpo humano gera calor através de várias reações bioquímicas a nível celular e mantém a temperatura interna em torno de 37 °C (BILLAT, 2002), utilizando-se de diversos mecanismos termorregulatórios (BHOWMIK et al., 2013). A geração e transferência de calor em microescala (nível molecular ou celular), em mesoescala (tecidos e órgãos) e em macroescala (interação térmica entre o corpo e o ambiente) causam o efeito do comportamento térmico corporal (BHOWMIK et al., 2013). A emissão de calor corporal reflete uma combinação complexa de todos os processos fisiológicos corporais, levando à mudanças dinâmicas na temperatura (VOLLMER; MÖLLMANN, 2010). Estas mudanças dependem tanto de condições internas (por exemplo: fluxo sanguíneo, exercícios e emoções) quanto externas (por exemplo: temperatura da sala e umidade) (LAHIRI et al., 2012; VOLLMER; MÖLLMANN, 2010). As trocas térmicas são realizadas por radiação infravermelha, que se baseiam na transferência de calor da superfície de um objeto para outro sem contato físico entre os corpos (BILLAT, 2002). Alterações termogênicas em tecidos específicos podem significar alterações da função fisiológica (BRIOSCHI; YENG; TEIXEIRA, 2007). A termometria cutânea através da termografia infravermelha reflete a normalidade ou anormalidade da fisiologia humana (JU; NEBEL; SIEBERT, 2004).

Quando ocorre uma lesão tecidual, causada por qualquer fenômeno, os tecidos danificados liberam diversas substâncias, causando alterações secundárias nos tecidos que não estão lesionados situados ao redor, sendo este complexo de alterações denominado inflamação (GUYTON; HALL, 2006; TRICOLI, 2001). A inflamação como resultado da prática esportiva é uma resposta tecidual localizada que se inicia por lesão (ou destruição) de tecidos vascularizados através de carga mecânica ou uso excessivo (SAFRAN et al., 2002). A inflamação caracteriza-se pela vasodilatação dos vasos sanguíneos locais, movimentação de fluidos e migração de grande quantidade de proteínas plasmáticas e leucócitos em direção ao tecido afetado, dilatação das células teciduais, aumento da permeabilidade dos capilares e aumento do fluxo sanguíneo local (GUYTON; HALL, 2006; TRICOLI, 2001). A mensuração da inflamação pode ser conseguida através da quantificação subjetiva

de sintomas como calor, hiperemia, dor, etc. ou através da quantificação objetiva como a captura de imagem (termografia, cintilografia) (BRIOSCHI; YENG; PASTOR; TEIXEIRA, 2007). A inflamação apresenta sinais como aumento de calor, aumento da vascularidade e do fluxo sanguíneo e dor (SAFRAN et al., 2002).

O mais importante fator no aumento da temperatura da superfície corporal parece ser a intensificação do fluxo de sangue arterial (VOLLMER; MÖLLMANN, 2010) refletindo a radiação infravermelha cutânea (BRIOSCHI et al., 2005). Esta atividade microcirculatória influencia na temperatura cutânea e pode ser determinada pela termografia (BRIOSCHI et al., 2007). A termografia é portanto um dos métodos capazes de avaliar o fluxo sanguíneo cutâneo através da correlação da temperatura da pele e o fluxo sanguíneo (ITAKURA, 2012). Esta técnica é capaz de identificar e quantificar de forma objetiva as reações inflamatórias locais do músculo esquelético (BRIOSCHI; YENG; PASTOR; TEIXEIRA, 2007).

O controle da radiação cutânea afeta os lados do corpo uniformemente (BRIOSCHI et al., 2005), resultando que em pessoas normais a temperatura corporal é simétrica (VOLLMER; MÖLLMANN, 2010). Diferenças de radiação infravermelha entre áreas corporais opostas são demonstradas por assimetria infravermelha, o que sugere uma maior vascularização temporária e conseqüentemente um marcador de anormalidade (BRIOSCHI et al., 2005).

Os diagnósticos médicos baseiam-se em informações estruturais (raio-x, ultrassonografia, ou ressonância magnética) ou funcionais (eletrocardiograma, eletroencefalograma ou termografia) (BERZ; SAUER, 2007). A atual tecnologia de sensores infravermelhos pode prover informações proeminentes acerca da gestão funcional de lesões em atletas (HILDEBRANDT et al., 2012). Entretanto ainda existem poucas evidências científicas de sua aplicabilidade com êxito na medicina desportiva (HILDEBRANDT et al., 2012). Descobertas termográficas normalmente são comparadas com outras descobertas clínicas, com o intuito de avaliar as possíveis correlações (LAHIRI et al., 2012).

Nos últimos anos a utilidade médica da termografia vem sendo comprovada (HILDEBRANDT et al., 2012) e vem demonstrando uma série de razões através das quais tem encontrado amplas aceitações da comunidade médica (LAHIRI et al., 2012). A utilização da termografia na medicina é atrativa como método diagnóstico por diversas razões. É um método rápido, totalmente seguro, indolor, sem contato ou radiação ionizante, não intrusivo, proporciona um meio de investigação de efeitos

fisiológicos, possui atualmente uma grande sensibilidade (BRIOSCHI et al., 2007; CARVALHO et al., 2012; HILDEBRANDT et al., 2012; JONES; PLASSMANN, 2002; LAHIRI et al., 2012; TAN et al., 2009). A eficiência, aliada ao baixo custo e à segurança tornam a termografia uma ferramenta auxiliar na imagiologia médica e diagnóstica (HILDEBRANDT et al., 2012).

A termografia vem sendo utilizada como método de avaliação adjuvante em diversos casos, como por exemplo LER/DORT (BRIOSCHI et al., 2009; MAGAS, 2012), lesão muscular induzida por exercício (AL-NAKHLI et al., 2012; BANDEIRA et al., 2012), dor muscular tardia (AL-NAKHLI et al., 2012), estudo de prevenção de úlcera por pressão (ITAKURA, 2012), prevenção, detecção e rastreamento de lesão em ginastas (SANDS; MCNEAL; STONE, 2011).

A análise de imagens infravermelhas como diagnóstico tem como desvantagens o tempo necessário para a adaptação à temperatura ambiente antes da execução do exame (BRIOSCHI et al., 2007; FILHO, 1999) e a dependência de um ambiente com temperatura e umidade controlada (FILHO, 1999).

4 METODOLOGIA

4.1 PARTICIPANTES

Participaram deste estudo, 21 atletas de rúgbi do sexo masculino com idade entre 19 e 31 anos, média de 25,06 anos, residentes na cidade de Curitiba ou em sua região metropolitana, todos inscritos na Confederação Brasileira de Rugby (CBRU) pertencentes à categoria adulta de um clube profissional de nível nacional, que executam treinamentos diários a mais de dois anos e que tenham participado de pelo menos 40 minutos de um treino ou partida oficial de rúgbi.

4.2 MATERIAIS

4.2.1 Sistema de Coleta de Sangue

O sistema de coleta de sangue venoso utilizado foi o da marca BD Vacutainer[®]. É composto por agulhas modelo 21Gx1 (0,8 mm x 25 mm), esterilizada por radiação e de uso único, adaptadores e tubos modelo Soro Tampa Hemogard Vermelha (13 mm x 75 mm), com volume aproximado de 4.0 ml, com tubo e rolha siliconizada e ativador de coagulo. O torniquete utilizado foi da marca Vacuette[®].

4.2.2 Análise Sanguínea

Para as análises sanguíneas foram utilizados a centrífuga da marca Fanen[®], modelo Baby[®] I 206-BL (Figura 4) e o analisador químico da marca Mindray[®] (Figura 5), modelo BS-120, cuja análise é feita através de sistema fotométrico. Foram utilizados os reagentes da marca Dialab[®].



Figura 4 – Ilustração da centrífuga utilizada durante as análises sanguíneas

Fonte: (FANEM)



Figura 5 – Ilustração do analisador químico clínico utilizado para as análises sanguíneas

Fonte: (MINDRAY)

4.2.3 Câmera Infravermelha e *Software*

As imagens infravermelhas foram adquiridas por uma câmera da marca FLIR[®], modelo A-325 (Figura 6). Esta câmera tem resolução integrada de 320 x 240 *pixels*, possibilita aferir temperaturas entre -20 °C e +120 °C e tem sensibilidade para detectar diferenças de temperatura menores de 0,05 °C. A câmera é ligada através de um cabo de rede a um computador com software específico instalado para aquisição, armazenamento, processamento e análise de imagens infravermelhas denominado ThermaCam[™] Researcher Pro 2.9.



Figura 6 – Ilustração da câmera Flir A325 utilizada para a aquisição das imagens infravermelhas

Fonte: (FLIR)

4.2.4 Câmara de Controle de Umidade e Temperatura

As imagens infravermelhas foram adquiridas em ambiente climatizado e com controle digital de temperatura. Tal câmara possui cinco sensores de temperatura e umidade dispostos da seguinte maneira: um no teto (central), e outros quatro, sendo instalados um em cada parede da sala. Os sensores são conectados diretamente à um computador que mantém temperatura e umidade controladas automaticamente através do software SITRAD[®].

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os sujeitos foram avaliados em dois momentos distintos. O primeiro momento corresponde a 48 horas após o término de um treino, o segundo momento é posterior à partida, 48 horas após o término desta. Não foi interferido na rotina de treinamento e descanso dos atletas.

4.3.1 Procedimentos

Os dados foram coletados entre março e abril de 2013, durante o campeonato paranaense de rúgbi. As coletas de sangue foram realizadas no Laboratório Bioquímico e Densitométrico – LABDEN. As aquisições das imagens infravermelhas foram realizadas no Laboratório de Termografia, ambos pertencentes à Universidade Federal Tecnológica do Paraná - UTFPR.

4.3.1.1 Coleta de sangue

A coleta de sangue para identificação da concentração sérica de CK do atleta foi realizada por enfermeira profissional habilitada e com prática de 15 anos de laboratório. Após assepsia feita com algodão e álcool 70%, em cada coleta (prévia e posterior à partida), foi retirada uma amostra de aproximadamente 2 ml de sangue através de punção venosa à vácuo da veia antecubital. O material coletado foi armazenado em tubos com ativador de coágulo, identificados com o nome de cada atleta. Após, cada tubo foi centrifugado a 3600 rotações por minuto e alocados no analisador bioquímico, para a dosagem bioquímica.

Ambas as coletas foram realizadas 48 horas após a última atividade física, sendo uma pós-treino e outra pós-jogo (ASCENSÃO et al., 2008; ISPIRLIDIS et al.,

2008; SMITH et al., 1994). Para as coletas, foi solicitado aos participantes que seguissem alguns procedimentos, em detalhes no apêndice A.

O sangue coletado foi analisado imediatamente após a coleta. A CK está expressa em IU/L.



Figura 7 – Momento da análise sanguínea no LABDEN

4.3.1.2 Aquisição da imagem infravermelha

A aquisição da imagem infravermelha dos atletas foi realizada imediatamente após as coletas das amostras sanguíneas. Durante o exame, todos os atletas permaneceram vestidos apenas com a roupa íntima, em pé, por 30 minutos em repouso muscular em uma câmara de adaptação à temperatura, que por sua vez, teve a temperatura e umidade controladas entre 22° e 23 °C e 45 e 50% respectivamente (BRIOSCHI et al., 2007; CARVALHO et al., 2012; FILHO, 1999).

Os voluntários foram instruídos a não palpar, pressionar, esfregar ou coçar a pele em nenhum momento até que estivesse completado todo o exame termográfico.

Para minimizar interferências nas variáveis estudadas, entre o fim da prática das atividades e os exames, foi solicitado aos atletas que seguissem os procedimentos detalhados no apêndice A.



Figura 8 – Momento da aquisição da imagem infravermelha no laboratório de termografia da UTFPR

A câmera infravermelha foi posicionada a 1,00 metro do avaliado, medidos da lente da câmera até o maléolo lateral deste, conforme ilustrado na Figura 9. Foram gravados cinco segundos de imagem de cada região de interesse.

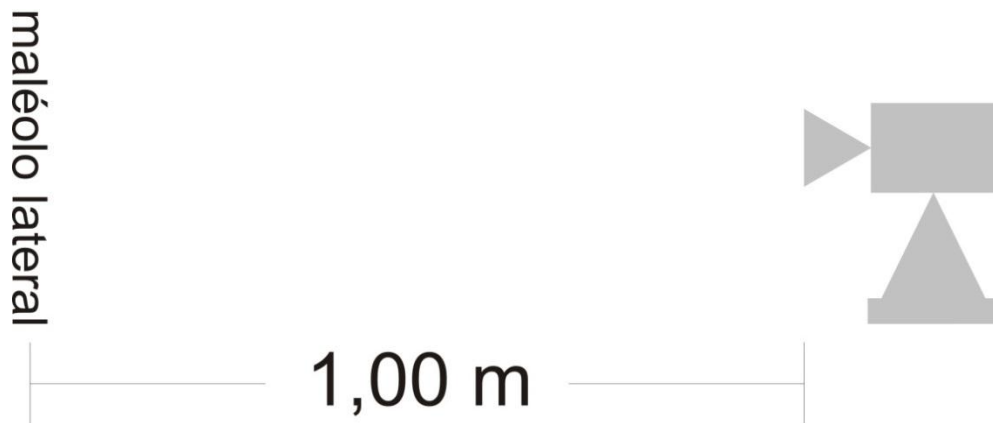


Figura 9 – Esquema do posicionamento da câmera em relação ao avaliado

4.3.1.3 Análise da imagem infravermelha

Foram feitas três tipos de análises das imagens infravermelhas, cumprindo três etapas distintas.

Na primeira etapa das análises, foi realizada uma análise sistemática dos músculos propostos, que são: reto femoral, vasto medial, bíceps femoral, semitendíneo, gastrocnêmio, deltóide, trapézio, latíssimo do dorso e peitoral. Para se obter tais dados, foi anexado à tela do computador, uma máscara transparente, contendo os músculos impressos que almejava-se analisar a temperatura. Cada imagem do músculo foi tratada de forma a conter aberturas circulares de diâmetros iguais para conseguir a temperatura da mesma região para todos os atletas. Abaixo uma imagem ilustrativa do método.



Figura 10 – Imagem ilustrativa de como foram marcadas as áreas dos grupos musculares a serem analisados

Após este procedimento, o pesquisador ajustou a janela do software para que a imagem infravermelha adquirida coincidissem com a imagem do músculo impresso na máscara, marcando assim os pontos de interesse.

Na segunda etapa das análises, foi realizada uma busca por inspeção visual, procurando por diferenciações térmicas, localizando e comparando sítios com assimetrias térmicas nos momentos de menor e maior concentração sérica de CK, e também uma busca por qualquer diferença de temperatura por assimetria corporal, através de comparação bilateral das imagens térmicas. Nesta etapa, foram anotadas a quantidade de áreas que apresentaram diferença de temperatura maiores que 0,6 °C entre os momentos de menor e maior CK bem como suas respectivas temperaturas.

Por fim, na terceira etapa, foi feita nova inspeção visual, buscando quaisquer pontos que apresentassem diferenças de temperatura maiores que 0,6 °C por simetria corporal nos momentos de menor e maior concentração sérica de CK.

4.3.1.4 Análise estatística

Os dados foram tabulados e analisados pelo SPSS. Para testar a normalidade da distribuição dos dados, todas as variáveis estudadas foram testadas através do Teste de Kolmogorov-Smirnov. Foram utilizadas medidas descritivas, o coeficiente de correlação linear de Pearson, e o teste t pareado (para comparação entre as médias das variáveis estudadas). Foi considerado estatisticamente diferente, valores com p-valor maior que 0,05.

5 RESULTADOS

Inicialmente todas as variáveis tabuladas foram submetidas ao teste de Kolmogorov-Smirnov, cujos p-valores variaram na faixa de 0,277 e 1,00, sugerindo que as variáveis apresentam uma distribuição Gaussiana.

A Tabela 2 apresenta o resultado do teste t entre os momentos de maior e menor concentração sérica de CK (p-valor = 0,002). Apresenta também a variação em percentual da média, do menor e maior valor encontrados da CK nestes momentos.

Tabela 2 – Teste t e valores da média, menor e maior valores encontrados da concentração sérica de CK, bem como a variação percentual destes valores

	N	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	t	p-valor
Menor CK	21	390,80	159,6	675,5	138,16	-3,555	0,002*
Maior CK	21	619,44	170,1	1584,8	364,53		
var %	21	55,37%	0,10%	247,91%	62,02%	-	-

* Diferença significativamente estatística (p<0,05)

5.1 RESULTADOS DA ANÁLISE SISTEMÁTICA

A proposta da análise sistemática foi de tentar encontrar correlação entre o aumento da concentração sérica de CK e o aumento de temperatura nas áreas selecionadas dos músculos de interesse deste estudo. A imagem abaixo ilustra a variação térmica observada em um dos atletas nos momentos de menor e maior concentração sérica de CK (Figura 11).

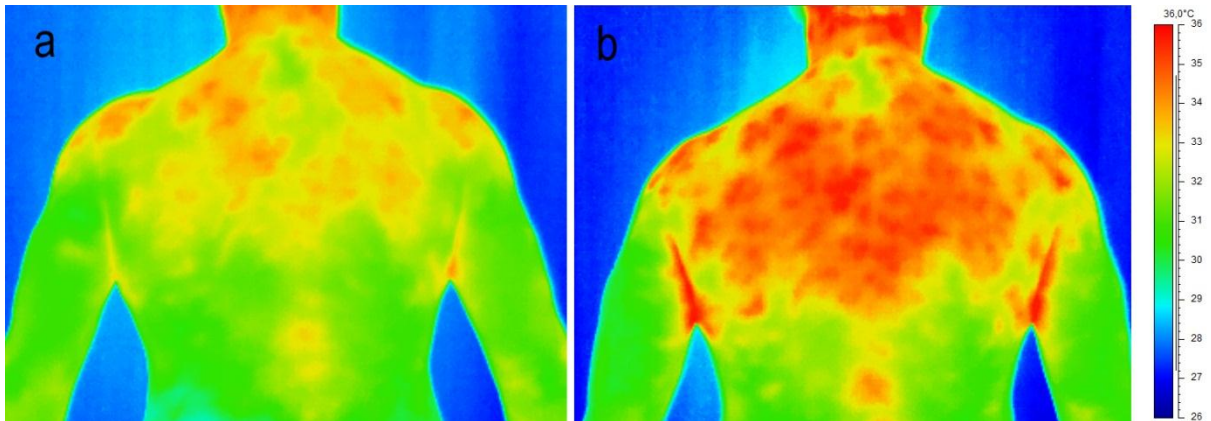


Figura 11 – Imagem infravermelha da região superior posterior de um dos atletas no momento de menor concentração sérica de CK (a) e maior concentração sérica de CK (b)

Na sequência são apresentados os resultados obtidos através da análise sistemática realizada. As tabelas 3, 4, 5 e 6 apresentam, separadamente por região anatômica, os resultados encontrados da correlação e significância entre os momentos de menor e maior concentração sérica da CK com a variação média de temperatura da área selecionada dos músculos analisados nestes mesmos momentos.

A imagem abaixo ilustra os pontos dos músculos analisados da região superior anterior e também a escala de temperatura utilizada.

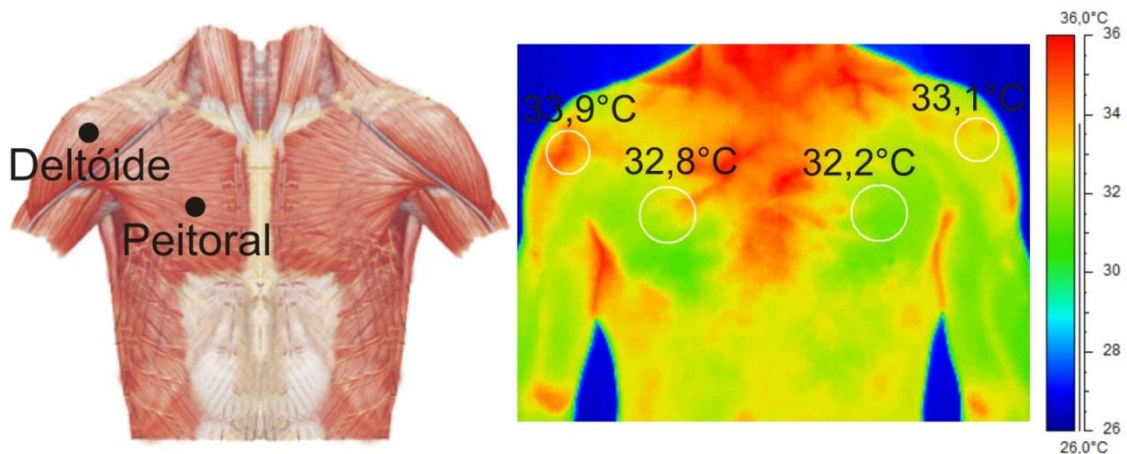


Figura 12 – Ilustração dos pontos analisados da região superior anterior e a escala de temperatura utilizada

A Tabela 3 apresenta os resultados da correlação e significância entre a variação percentual nos momentos de menor e maior concentração de CK e a variação média de temperatura da área selecionada de cada músculo analisado da região superior anterior de todos os sujeitos analisados.

Tabela 3 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região superior anterior e a variação percentual do nível de CK

Região superior anterior		
Variáveis	r	p-valor
Δ - Temperatura Peitoral direito	0,032	0,891
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Peitoral esquerdo	0,024	0,918
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Deltóide direito	0,090	0,698
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Deltóide esquerdo	0,132	0,568
Δ - Nível de CK		

A Figura 13 ilustra os pontos dos músculos analisados da região superior posterior e a escala de temperatura utilizada.

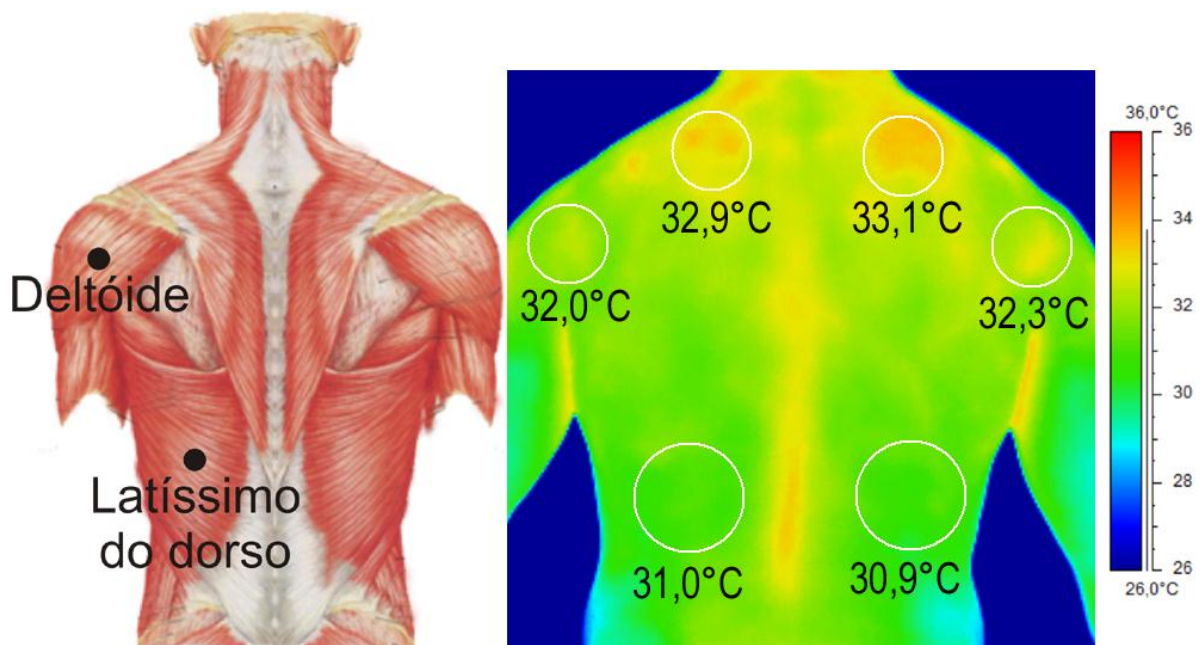


Figura 13 – Ilustração dos pontos analisados da região superior posterior e a escala de temperatura utilizada

A Tabela 4 oferece os resultados da correlação e significância entre a variação percentual da CK nos momentos de menor e maior concentração sérica e a variação da temperatura média da área selecionada de cada músculo analisado da região superior posterior nestes mesmos momentos.

Tabela 4 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região superior posterior e a variação percentual do nível de CK

Região superior posterior		
Variáveis	r	p-valor
Δ - Temperatura Deltóide direito	0,096	0,679
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Deltóide esquerdo	0,105	0,651
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Trapézio direito	0,053	0,819
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Trapézio esquerdo	0,155	0,504
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Latíssimo do dorso direito	-0,091	0,693
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Latíssimo do dorso esquerdo	-0,048	0,835
Δ - Nível de CK		

Os pontos dos músculos analisados da região inferior anterior de um dos avaliados e a escala de temperatura utilizada são ilustrados na Figura 14.

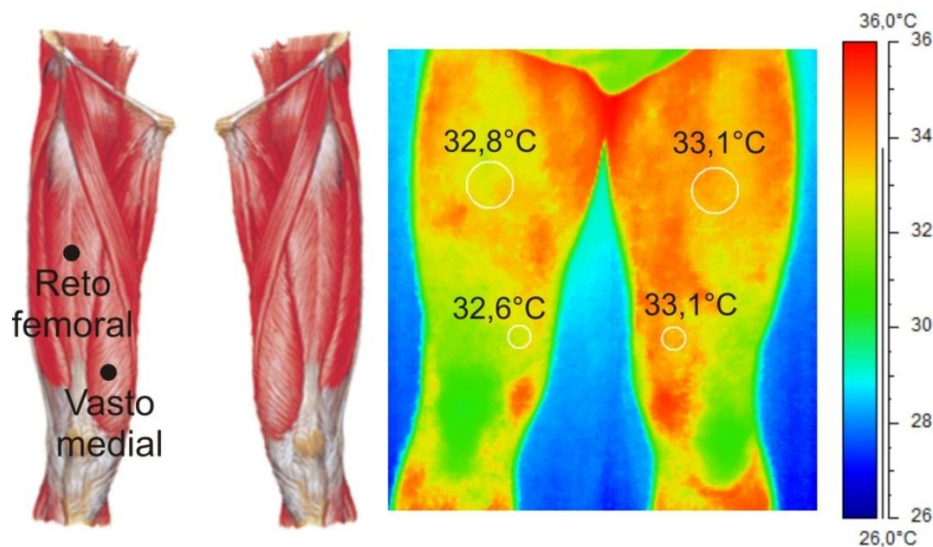


Figura 14 – Ilustração dos pontos analisados da região inferior anterior e a escala de temperatura utilizada

Os resultados da correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada de cada músculo analisado da região inferior anterior e a variação percentual entre o momento de menor e maior concentração de CK são encontrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região inferior anterior e a variação percentual do nível de CK

Região inferior anterior		
Variáveis	r	p-valor
Δ - Temperatura Reto Femoral direito	0,082	0,724
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Reto Femoral esquerdo	0,185	0,421
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Vasto Medial direito	0,050	0,829
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Vasto Medial esquerdo	0,025	0,914
Δ - Nível de CK		

A tabela 6 apresenta os resultados da correlação e significância entre a variação percentual entre o momento de menor e maior concentração de CK e a variação da temperatura média da área selecionada de cada músculo analisado da região inferior posterior.

Tabela 6 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região inferior posterior e a variação percentual do nível de CK

Região inferior posterior		
Variáveis	r	p-valor
Δ - Temperatura Bíceps Femoral direito	-0,018	0,938
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Bíceps Femoral esquerdo	0,207	0,367
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Semitendíneo direito	0,118	0,610
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Semitendíneo esquerdo	0,161	0,485
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Gastrocnêmio direito	-0,058	0,804
Δ - Nível de CK		
Δ - Temperatura Gastrocnêmio esquerdo	0,074	0,750
Δ - Nível de CK		

Abaixo, a Figura 15 ilustra os pontos dos músculos analisados da região inferior posterior de um dos avaliados e a escala de temperatura utilizada.

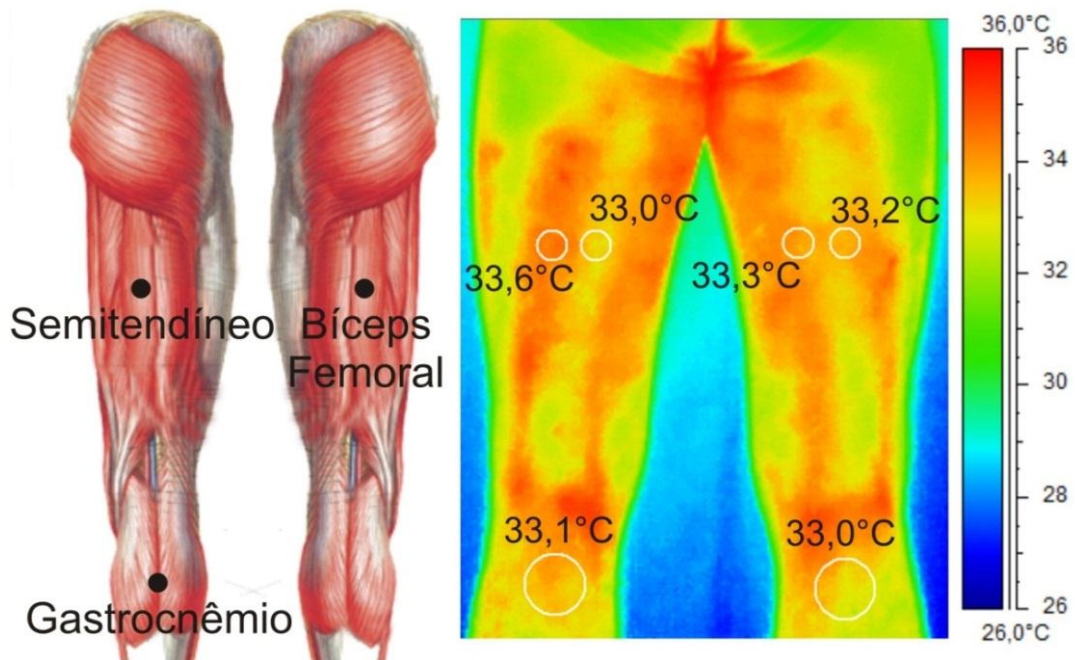


Figura 15 – Ilustração dos pontos analisados da região inferior posterior e a escala de temperatura utilizada

A seguir as tabelas 7, 8, 9 e 10 apresentam, também separadamente por região anatômica, os resultados encontrados do teste t e significância entre a variação média temperatura da área selecionada do músculo nos momentos de menor e maior concentração sérica de CK dos 21 sujeitos analisados.

A Tabela 7 apresenta os resultados do teste t e significância entre a temperatura média da área selecionada do músculo da região superior anterior nos momentos de menor e maior concentração sérica de CK.

Tabela 7 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região superior anterior nos momentos de menor e maior CK

Região superior anterior						
Variáveis	Média	N	Desvio padrão	t	P-valor	
Peitoral direito momento de menor CK	31,93	21	1,18			
Peitoral direito momento de maior CK	32,37	21	1,34	-1,483	0,154	
Peitoral esquerdo momento de menor CK	31,87	21	1,14			
Peitoral esquerdo momento de maior CK	32,30	21	1,30	-1,619	0,121	
Deltóide direito momento de menor CK	32,71	21	0,87			
Deltóide direito momento de maior CK	33,03	21	1,12	-1,269	0,219	
Deltóide esquerdo momento de menor CK	32,68	21	0,82			
Deltóide esquerdo momento de maior CK	32,96	21	1,01	-1,327	0,200	

A correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada do músculo da região superior posterior nos momentos de menor e maior concentração sérica de CK são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região superior posterior nos momentos de menor e maior CK

Região superior posterior						
Variáveis	Média	N	Desvio padrão	t	P-valor	
Deltóide direito momento de menor CK	32,37	21	1,23			
Deltóide direito momento de maior CK	32,50	21	1,30	-0,450	0,658	
Deltóide esquerdo momento de menor CK	32,25	21	1,26			
Deltóide esquerdo momento de maior CK	32,47	21	1,18	-0,883	0,388	
Trapézio direito momento de menor CK	33,34	21	1,17			
Trapézio direito momento de maior CK	33,44	21	1,23	-0,389	0,702	
Trapézio esquerdo momento de menor CK	33,37	21	1,17			
Trapézio esquerdo momento de maior CK	33,46	21	1,21	-0,344	0,735	
Latíssimo do dorso momento de direito menor CK	31,41	21	1,24			
Latíssimo do dorso momento de direito maior CK	31,68	21	1,13	-1,105	0,282	
Latíssimo do dorso momento de esquerdo menor CK	31,40	21	1,21			
Latíssimo do dorso momento de esquerdo maior CK	31,60	21	1,04	-0,819	0,422	

A Tabela 9 oferece os resultados encontrados neste estudo referentes à correlação e significância entre a média de temperatura da área selecionada do músculo da região inferior anterior nos momentos de menor e maior concentração sérica de CK.

Tabela 9 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região inferior anterior nos momentos de menor e maior CK

Região inferior anterior						
Variáveis	Média	N	Desvio padrão	t	P-valor	
Reto Femoral direito momento de menor CK	30,85	21	1,20	-1,885	0,074	
Reto Femoral direito momento de maior CK	31,19	21	1,09			
Reto Femoral esquerdo momento de menor CK	30,86	21	1,27	-1,591	0,127	
Reto Femoral esquerdo momento de maior CK	31,15	21	1,03			
Vasto Medial direito momento de menor CK	31,06	21	1,18	-0,869	0,395	
Vasto Medial direito momento de maior CK	31,29	21	0,85			
Vasto Medial esquerdo momento de menor CK	31,13	21	1,51	-1,081	0,292	
Vasto Medial esquerdo momento de maior CK	31,39	21	1,04			

A Tabela 10 apresenta os resultados da correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos bíceps femoral, Semitendíneo e gastrocnêmio nos momentos de menor e maior concentração sérica de CK.

Tabela 10 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região inferior posterior nos momentos de menor e maior CK

Região inferior posterior						
Variáveis	Média	N	Desvio padrão	t	P-valor	
Bíceps Femoral direito momento de menor CK	31,40	21	1,15	-0,937	0,360	
Bíceps Femoral direito momento de maior CK	31,54	21	1,05			
Bíceps Femoral esquerdo momento de menor CK	31,13	21	1,25	-2,203	0,039	
Bíceps Femoral esquerdo momento de maior CK	31,45	21	1,00			
Semitendíneo direito momento de menor CK	31,22	21	1,25	-1,656	0,113	
Semitendíneo direito momento de maior CK	31,49	21	1,04			
Semitendíneo esquerdo momento de menor CK	31,27	21	1,16	-1,924	0,069	
Semitendíneo esquerdo momento de maior CK	31,56	21	0,96			
Gastrocnêmio direito momento de menor CK	31,65	21	1,00	-2,037	0,055	
Gastrocnêmio direito momento de maior CK	31,93	21	0,87			
Gastrocnêmio esquerdo momento de menor CK	31,55	21	1,04	-1,754	0,095	
Gastrocnêmio esquerdo momento de maior CK	31,80	21	0,89			

Os dados apresentados a seguir, relacionam-se somente aos sujeitos que apresentaram uma variação superior a 50% entre os momentos de menor e maior concentração sérica de CK.

As tabelas seguintes, 11, 12, 13 e 14, apresentam, também separadamente por região anatômica, os resultados encontrados da correlação e significância da variação entre os momentos de menor e maior concentração sérica da CK com a variação de temperatura média da área selecionada dos músculos analisados nestes mesmos momentos dos sujeitos (n=7) que apresentaram uma variação superior a 50% entre os momentos de menor e maior concentração sérica de CK.

Tabela 11 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região superior anterior e a variação percentual do nível de CK

Região superior anterior		
Variáveis	r	p-valor
Δ - Peitoral direito	-0,330	0,469
Δ - Nível de CK		
Δ - Peitoral esquerdo	-0,498	0,256
Δ - Nível de CK		
Δ - Deltóide direito	0,266	0,626
Δ - Nível de CK		
Δ - Deltóide esquerdo	0,299	0,515
Δ - Nível de CK		

Tabela 12 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região superior posterior e a variação percentual do nível de CK

Região superior posterior		
Variáveis	r	p-valor
Δ - Deltóide direito	0,299	0,515
Δ - Nível de CK		
Δ - Deltóide esquerdo	0,075	0,873
Δ - Nível de CK		
Δ - Trapézio direito	0,137	0,769
Δ - Nível de CK		
Δ - Trapézio esquerdo	0,232	0,616
Δ - Nível de CK		
Δ - Latíssimo do dorso direito	-0,281	0,542
Δ - Nível de CK		
Δ - Latíssimo do dorso esquerdo	-0,428	0,338
Δ - Nível de CK		

Tabela 13 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região inferior anterior e a variação percentual do nível de CK

Região inferior anterior		
Variáveis	r	p-valor
Δ - Reto Femoral direito	-0,222	0,632
Δ - Nível de CK		
Δ - Reto Femoral esquerdo	-0,212	0,648
Δ - Nível de CK		
Δ - Vasto Medial direito	-0,283	0,539
Δ - Nível de CK		
Δ - Vasto Medial esquerdo	-0,261	0,571
Δ - Nível de CK		

Tabela 14 – Correlação e significância entre a variação de temperatura dos músculos analisados da região inferior posterior e a variação percentual do nível de CK

Região inferior posterior		
Variáveis	r	p-valor
Δ - Bíceps Femoral direito	-0,498	0,256
Δ - Nível de CK		
Δ - Bíceps Femoral esquerdo	0,065	0,890
Δ - Nível de CK		
Δ - Semitendíneo direito	-0,102	0,827
Δ - Nível de CK		
Δ - Semitendíneo esquerdo	-0,142	0,761
Δ - Nível de CK		
Δ - Gastrocnêmio direito	-0,501	0,253
Δ - Nível de CK		
Δ - Gastrocnêmio esquerdo	-0,278	0,546
Δ - Nível de CK		

A seguir as tabelas 15, 16, 17 e 18 apresentam, também separadamente por região anatômica, os resultados encontrados da correlação e significância entre a variação da temperatura média da área selecionada do músculo nos momentos de menor e maior concentração sérica de CK dos 7 sujeitos que apresentaram variação entre os momentos de menor e maior da concentração sérica de CK superior a 50%.

A Tabela 15 apresenta os resultados da correlação e significância entre a variação da média de temperatura da área selecionada do músculo da região superior anterior, dos sujeitos que apresentaram variação superior a 50% entre os momentos de menor e maior concentração sérica de CK.

Tabela 15 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região superior anterior nos momentos de menor e maior CK

Região superior anterior					
Variáveis	Média	N	Desvio padrão	t	P-valor
Peitoral direito momento de menor CK	31,26	7	0,74		
Peitoral direito momento de maior CK	32,09	7	1,07	-2,312	0,060
Peitoral esquerdo momento de menor CK	31,33	7	0,60		
Peitoral esquerdo momento de maior CK	32,16	7	0,84	-2,667	0,037
Deltóide anterior direito momento de menor CK	32,27	7	1,02		
Deltóide direito momento de maior CK	32,71	7	1,01	-1,014	0,350
Deltóide esquerdo momento de menor CK	32,11	7	0,74		
Deltóide esquerdo momento de maior CK	32,54	7	0,70	-1,313	0,237

Os resultados da correlação e significância entre a variação da temperatura média da área selecionada do músculo da região superior posterior, dos sujeitos que apresentaram variação superior a 50% entre os momentos de menor e maior concentração sérica de CK são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região superior posterior nos momentos de menor e maior CK

Região superior posterior					
Variáveis	Média	N	Desvio padrão	t	P-valor
Deltóide direito momento de menor CK	31,77	7	1,43		
Deltóide direito momento de maior CK	32,20	7	0,97	-0,739	0,488
Deltóide esquerdo momento de menor CK	31,67	7	1,37		
Deltóide esquerdo momento de maior CK	32,17	7	0,98	-1,036	0,340
Trapézio direito momento de menor CK	32,99	7	1,30		
Trapézio direito momento de maior CK	33,20	7	1,03	-0,400	0,703
Trapézio esquerdo momento de menor CK	32,86	7	1,23		
Trapézio esquerdo momento de maior CK	33,14	7	1,02	-0,548	0,604
Latíssimo do dorso direito momento de menor CK	31,07	7	1,28		
Latíssimo do dorso direito momento de maior CK	31,47	7	0,82	-1,159	0,290
Latíssimo do dorso esquerdo momento de menor CK	31,00	7	1,32		
Latíssimo do dorso esquerdo momento de maior CK	31,49	7	0,96	-1,377	0,218

A Tabela 17 oferece os resultados da correlação e significância entre a variação da temperatura média da área selecionada do músculo da região inferior anterior dos sujeitos que apresentaram variação superior a 50% entre os momentos de menor e maior concentração sérica de CK.

Tabela 17 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região inferior anterior nos momentos de menor e maior CK

Região inferior anterior					
Variáveis	Média	N	Desvio padrão	t	P-valor
Reto Femoral direito momento de menor CK	29,93	7	0,96		
Reto Femoral direito momento de maior CK	30,51	7	0,92	-1,993	0,093
Reto Femoral esquerdo momento de menor CK	29,77	7	0,95		
Reto Femoral esquerdo momento de maior CK	30,47	7	0,75	-2,352	0,057
Vasto Medial direito momento de menor CK	30,40	7	1,20		
Vasto Medial direito momento de maior CK	30,94	7	0,93	-1,153	0,293
Vasto Medial esquerdo momento de menor CK	30,20	7	1,55		
Vasto Medial esquerdo momento de maior CK	30,73	7	1,03	-1,112	0,309

A seguir, a Tabela 18 demonstra os resultados da correlação e significância entre a variação da temperatura média da área selecionada do músculo da região inferior posterior apenas dos sujeitos que apresentaram variação superior a 50% entre os momentos de menor e maior concentração sérica de CK.

Tabela 18 – Correlação e significância entre a temperatura média da área selecionada dos músculos analisados da região inferior posterior nos momentos de menor e maior CK

Região inferior posterior					
Variáveis	Média	N	Desvio padrão	t	P-valor
Bíceps Femoral direito momento de menor CK	30,63	7	0,89		
Bíceps Femoral direito momento de maior CK	30,96	7	0,82	-1,486	0,188
Bíceps Femoral esquerdo momento de menor CK	30,29	7	1,09		
Bíceps Femoral esquerdo momento de maior CK	30,83	7	0,81	-2,244	0,066
Semitendíneo direito momento de menor CK	30,34	7	1,11		
Semitendíneo direito momento de maior CK	30,81	7	0,67	-1,560	0,170
Semitendíneo esquerdo momento de menor CK	30,43	7	0,99		
Semitendíneo esquerdo momento de maior CK	31,00	7	0,69	-2,523	0,045
Gastrocnêmio direito momento de menor CK	30,84	7	0,73		
Gastrocnêmio direito momento de maior CK	31,26	7	0,67	-1,790	0,124
Gastrocnêmio esquerdo momento de menor CK	30,69	7	0,83		
Gastrocnêmio esquerdo momento de maior CK	31,10	7	0,87	-2,172	0,073

5.2 RESULTADOS DA ANÁLISE POR INSPEÇÃO VISUAL

A Tabela 19 apresenta os resultados da correlação e significância entre a temperatura média das regiões analisadas nos momentos de maior e menor concentração sérica de CK e a variação da CK nestes mesmos momentos.

Tabela 19 – Correlação entre as médias de temperatura das quatro regiões analisadas com a variação percentual de CK entre o momento de menor e maior CK

Variáveis	r	p-valor
Diferença média de temperatura nos momentos de menor e maior CK da região superior anterior	0,061	0,794
Variação de CK entre os momentos de menor e maior concentração		
Diferença média de temperatura nos momentos de menor e maior CK da região superior posterior	0,099	0,670
Variação de CK entre os momentos de menor e maior concentração		
Diferença média de temperatura nos momentos de menor e maior CK da região inferior anterior	-0,051	0,827
Variação de CK entre os momentos de menor e maior concentração		
Diferença média de temperatura nos momentos de menor e maior CK da região inferior posterior	-0,091	0,696
Variação de CK entre os momentos de menor e maior concentração		

As tabelas 20, 21, 22 e 23 apresentam os dados referentes à quantidade de pontos com variação de temperatura maior que 0,6 °C encontrados em cada sujeito, as regiões analisadas e as respectivas médias de temperatura destes pontos.

A Figura 16 ilustra a comparação por inspeção visual das imagens da região superior anterior no momento de menor CK (a) e no momento de maior CK (b). A imagem evidencia um dos 8 pontos encontrados nesta região deste sujeito com diferença superior a 0,6 graus celsius.

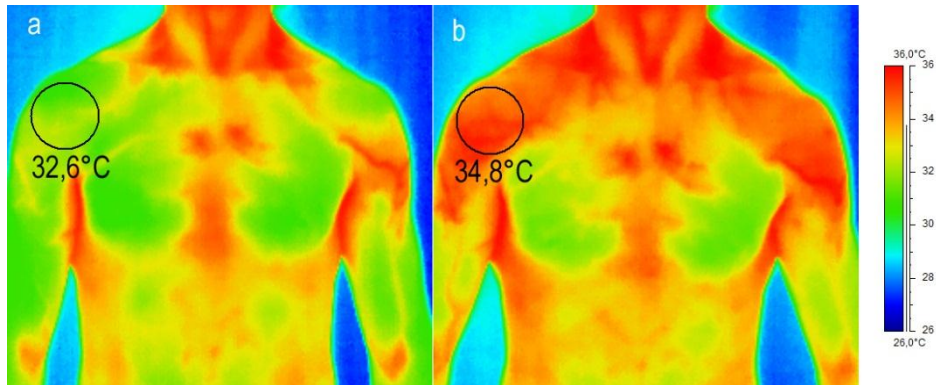


Figura 16 – Imagem infravermelha adquirida no momento de menor CK (a) e maior CK (b) da região superior anterior do sujeito 3 evidenciando 1 dos 8 pontos encontrados

A Tabela 20 apresenta os dados referentes à quantidade de pontos encontrados que apresentaram assimetria térmica superior a 0,6 graus celsius e a variação de temperatura média destes pontos referentes à região superior anterior.

Tabela 20 – Pontos encontrados através da análise por inspeção visual que apresentaram variação maior que 0,6 °C e suas respectivas temperaturas médias referentes à região superior anterior

Região	Sujeito	Número de pontos com diferença > 0,6 °C	Diferença média de temperatura (momento de maior CK – menor CK) dos pontos de assimetria térmica, localizados através da análise por inspeção visual
Superior anterior	1	3	-1,10
	2	1	-1,30
	3	8	1,72
	4	-	-
	5	-	-
	6	1	1,20
	7	-	-
	8	1	1,10
	9	8	0,90
	10	13	0,78
	11	19	1,56
	12	7	1,43
	13	1	0,60
	14	12	-1,62
	15	12	-1,02
	16	2	-0,95
	17	1	1,30
	18	1	0,60
	19	1	1,60
	20	1	0,60
	21	19	0,74

A Tabela 21 mostra a quantidade de pontos encontrados na região superior posterior de cada sujeito onde a temperatura variou mais que 0,6 °C entre os momentos de maior e menor concentração sérica de CK da região superior posterior.

Tabela 21 – Pontos encontrados através da análise por inspeção visual que apresentaram variação maior que 0,6 °C e suas respectivas temperaturas médias da região superior posterior

Região	Sujeito	Número de pontos com diferença > 0.6 °C	Diferença média de temperatura (momento de maior CK – menor CK) dos pontos de assimetria térmica, localizados através da análise por inspeção visual
Superior posterior	1	1	-1,20
	2	7	-1,80
	3	3	1,20
	4	-	-
	5	14	-0,67
	6	1	1,30
	7	1	-0,90
	8	1	1,60
	9	4	0,95
	10	3	0,65
	11	8	1,26
	12	4	1,37
	13	-	-
	14	11	-1,92
	15	2	-0,60
	16	2	-0,60
	17	1	0,70
	18	1	0,60
	19	1	1,70
	20	4	-0,67
	21	6	0,62

A Figura 17 ilustra como foi feita a inspeção visual para comparar as imagens da região superior posterior nos momentos de menor CK (a) e de maior CK (b) buscando áreas com diferença maior que 0,6 °C entre estes momentos.

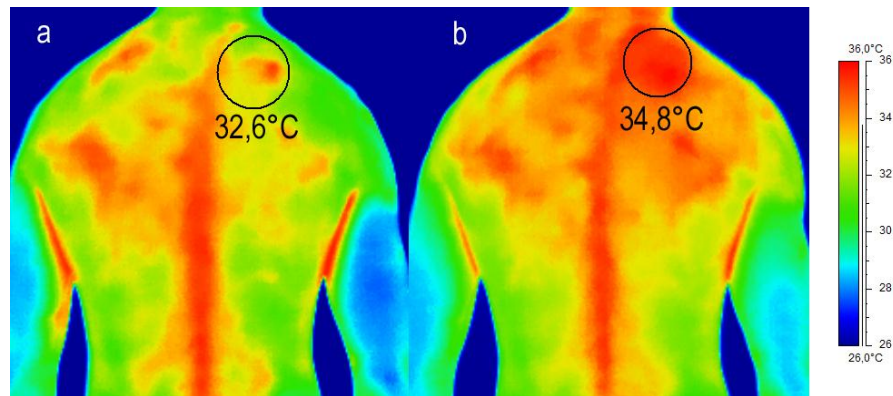


Figura 17 – Imagem infravermelha adquirida no momento de menor CK (a) e maior CK (b) da região superior posterior

A Tabela 22 apresenta o número de pontos com temperatura variando mais que 0,6 °C encontrados por inspeção visual da região inferior anterior em cada sujeito entre os momentos de maior e menor concentração sérica de CK.

Tabela 22 – Pontos encontrados através da análise por inspeção visual que apresentaram variação maior que 0,6 °C e suas respectivas temperaturas médias da região inferior anterior

Região	Sujeito	Número de pontos com diferença > 0.6 °C	Diferença média de temperatura (momento de maior CK – menor CK) dos pontos de assimetria térmica, localizados através da análise por inspeção visual
Inferior anterior	1	4	-0,77
	2	5	-0,60
	3	4	0,90
	4	7	0,90
	5	6	-1,42
	6	2	-0,90
	7	-	-
	8	3	0,77
	9	8	1,42
	10	10	0,92
	11	10	1,35
	12	6	1,08
	13	4	-0,78
	14	16	-1,28
	15	-	-
	16	4	-1,17
	17	4	1,10
	18	-	-
	19	7	0,67
	20	4	1,90
	21	8	1,54

A comparação por inspeção visual das imagens da região inferior anterior no momento de menor CK (a) e no momento de maior CK (b) do sujeito 21, onde foram encontrados oito pontos com diferença superior a 0,6 graus celsius é ilustrada pela Figura 18.

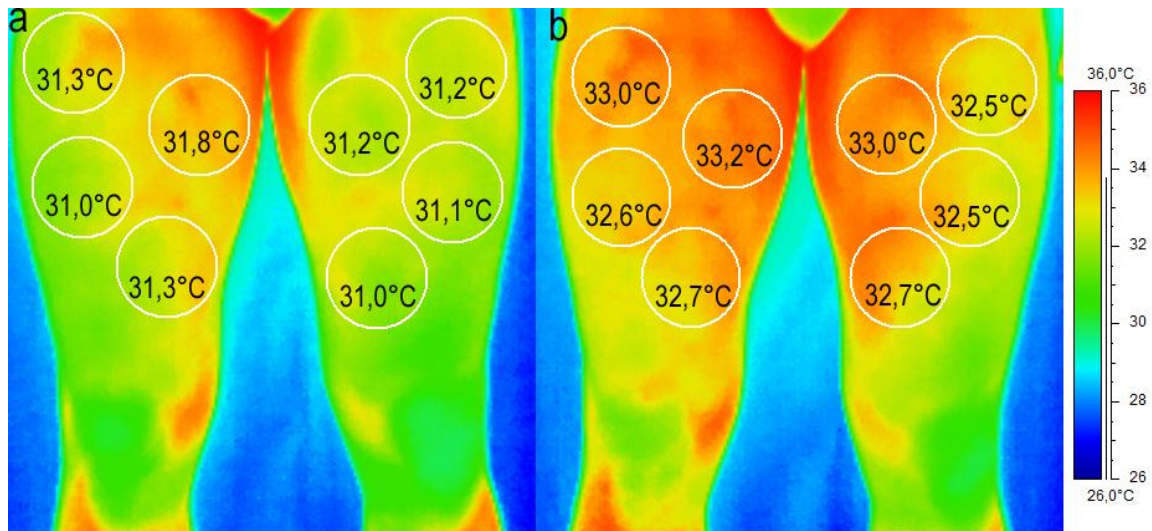


Figura 18 – Imagem infravermelha adquirida no momento de menor CK (a) e maior CK (b) da região inferior anterior do sujeito 21

A Tabela 23 apresenta o número de pontos encontrados na região inferior posterior de cada sujeito com variação de temperatura superior a 0,6 °C entre os momentos de maior e menor concentração sérica de CK.

Tabela 23 – Pontos encontrados através da análise por inspeção visual que apresentaram variação maior que 0,6 °C e suas respectivas temperaturas médias da região inferior posterior

Região	Sujeito	Número de pontos com diferença > 0.6 °C	Diferença média de temperatura (momento de maior CK – menor CK) dos pontos de assimetria térmica, localizados através da análise por inspeção visual
Inferior posterior	1	5	-0,84
	2	3	-0,73
	3	3	1,10
	4	2	0,65
	5	6	-0,89
	6	2	0,75
	7	-	-
	8	4	0,83
	9	8	0,68
	10	7	0,72
	11	6	1,10
	12	6	0,65
	13	1	-0,60
	14	6	-1,02
	15	9	0,72
	16	2	-0,80
	17	1	0,60
	18	-	-
	19	3	0,66
	20	8	1,06
	21	4	1,23

A Figura 19 ilustra a comparação por inspeção visual das imagens da região inferior posterior no momento de menor CK (a) e no momento de maior CK (b) do sujeito 19.

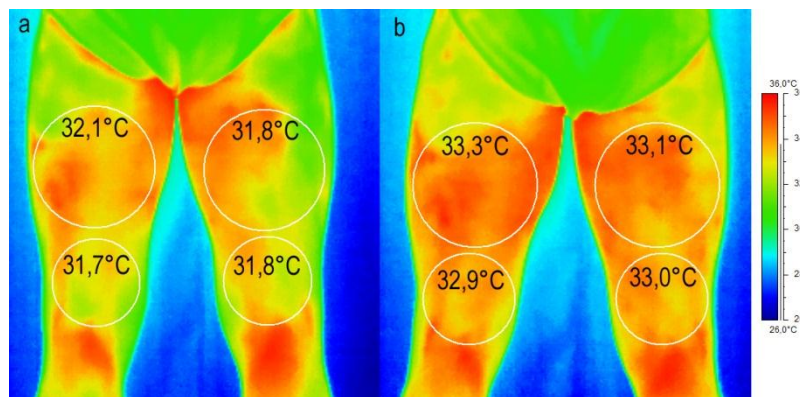


Figura 19 – Imagem infravermelha adquirida no momento de menor CK (a) e maior CK (b) da região inferior posterior

6 DISCUSSÃO

Os resultados da análise sistemática contidos nas tabelas 3, 4, 5 e 6, mostram que não houve correlação estatística significativa entre a variação do nível sérico de CK nos momentos de menor e maior concentração com a variação de temperatura média das áreas selecionadas dos músculos analisados nestes mesmos momentos. O p-valor variou entre 0,367 e 0,938.

Um dos vários fatores que podem contribuir para explicar a ocorrência deste fenômeno seria a limitação deste estudo no controle da rotina de treinos e recuperação destes atletas e a variabilidade individual do momento em que a CK atinge o valor de pico de atividade após o exercício (ABOODARDA et al., 2011; ISPIRLIDIS et al., 2008; PESCE; KAPLAN, 1990). Assim, no momento de menor CK sérico, o atleta poderia estar com alguma lesão (com processo inflamatório) mesmo fora do intervalo de presença elevada da CK no sangue (de 24 a 48 horas após a lesão), pois o processo inflamatório decorrente das lesões das fibras musculares pode durar até 96 horas (BARONI et al., 2010; CANNON; ST. PIERRE, 1998), ou, em alguns casos, até semanas (PEAKE; NOSAKA; SUZUKI, 2005; TIDBALL, 2005), extrapolando desta forma o período de atividade sérica da CK (PESCE; KAPLAN, 1990; TAKARADA, 2003). Segundo Takarada, a concentração sérica de CK retorna à concentração inicial em atletas de rúgbi em 72 horas (TAKARADA, 2003). Isto significa dizer que, mesmo com um processo inflamatório instalado na musculatura, a atividade sérica da CK poderia estar minimizada, explicando a maior temperatura encontrada num momento de menor concentração sérica de CK.

Soma-se ao exposto acima outro fator que possivelmente contribuiu para a ocorrência dos resultados deste estudo, que é o fato do rúgbi ser um esporte de muitas colisões (GABBETT, 2003) e haver uma grande quantidade de locais passíveis de lesão (HASELER; CARMONT; ENGLAND, 2010), dificultando uma avaliação por grupos. Tais colisões apresentam diversas características, podendo o atleta que recebeu a colisão estar em movimento ou parado. Há, portanto, a possibilidade do atleta apresentar alguma lesão em um músculo que não foi analisado neste estudo. Apesar de a revisão da literatura sugerir quais locais estão mais propensos à lesão neste esporte (ALVES et al., 2008; JUNGE et al., 2004), norteando quais regiões seriam estudadas, isto não se mostrou suficiente para

alcançar correlações significativas entre a variação de CK e as variações de temperatura das regiões analisadas.

As imagens a seguir mostram exemplos de diferentes impactos sofridos pelos atletas em diferentes regiões corporais.



Figura 20 – Exemplo de colisão sofrida em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi

Fonte: (FOTOJUMP)



Figura 21 – Exemplo de colisão sofrida em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi

Fonte: (FOTOJUMP)



Figura 22 – Exemplo de colisão sofrida em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi
Fonte: (FOTOJUMP)



Figura 23 – Exemplo de colisão sofrida em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi
Fonte: (FOTOJUMP)



**Figura 24 – Exemplo de colisão sofrida em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi
Fonte: (FOTOJUMP)**

Um terceiro fator capaz de explicar a diversidade dos dados seria o fato das lesões musculares neste esporte ocorrerem tanto por trauma quanto pela intensidade das atividades realizadas (CUNNIFFE et al., 2010; PETERSON; RENSTRÖM, 2002), pois o tempo de liberação e atividade da CK depende principalmente do tipo e intensidade do exercício (BRANCACCIO; LIPPI; MAFFULLI, 2010).

Bandeira et al. realizaram um estudo com atletas de futebol em 2012 onde dividiram os sujeitos em dois grupos, sendo que o grupo de controle participou de uma atividade de baixa intensidade e o grupo experimental realizou exercícios com o propósito de gerar microlesões em musculatura específica. Foram realizados exercícios de agachamento, rack e mesa extensora (nesta ordem) a 80% da carga máxima individual. Os sujeitos do grupo experimental realizaram séries consecutivas até a exaustão, com intervalos de 90 segundos entre as séries. Ao finalizar cada série, eram retirados 10 kg de carga do aparelho e o atleta realizava a nova série, repetindo tal procedimento até que restassem apenas 20 kg de carga no aparelho. O procedimento foi repetido em cada exercício. Foi mensurada a concentração sérica de CK 24 horas após os exercícios. A temperatura cutânea da região muscular analisada foi mensurada antes do exercício e 24 após o exercício. No estudo citado, como neste, os pesquisadores também não encontraram correlação entre a CK e a

variação de temperatura, porém, encontraram diferença de temperatura estatisticamente significativa para os músculos analisados exclusivamente no grupo experimental, o que sugere que os exercícios realizados por este grupo foram capazes de produzir microlesões, desencadeando um processo inflamatório, e conseqüentemente, elevando a temperatura na região estudada (BANDEIRA et al., 2012).

No presente estudo, o delineamento observacional comparou duas situações pós atividades. Esse delineamento permitiu uma boa comparação intraindividual, mas dificultou a comparação intergrupos, pois a possibilidade de ocorrência de traumas e de esforços individualmente diferentes ocasionou uma oscilação no sentido de variação da temperatura dos músculos estudados nos diversos sujeitos da amostra.

Al-Nakhli et al. realizaram estudo com desenho similar ao feito por Bandeira et al., onde contaram com 118 participantes, divididos em quatro grupos. Um dos grupos realizou um exercício denominado "rosca direta", consistindo em quatro séries de 25 repetições, com carga individual baseada em um teste de repetição máxima. Foi mensurada a temperatura cutânea e a concentração sanguínea de mioglobina deste grupo antes do exercício, 24 e 48 horas após. Esse estudo encontrou um aumento significativo de temperatura 24 horas após o exercício e um aumento não significativo 48 horas após. Encontrou também forte correlação com a temperatura 24 horas e a concentração de mioglobina 48 horas após (AL-NAKHILI, HANI H et al., 2012).

Estes dois estudos recentes, inferem que a termografia apresenta bom potencial para detecção precoce da lesão muscular. No presente estudo, através dos resultados apresentados nas tabelas 7 a 10, pode-se observar que a temperatura cutânea média das áreas selecionadas de todos os músculos analisados nos momentos de maior CK foram maiores que nos momentos de menor CK, apresentando uma tendência a corroborar com a hipótese levantada, que a lesão muscular eleva o nível sérico de CK (FORNAZIERO, 2009; FOSCHINI et al., 2007; MAUGHAN; GLEESON, 2007) e também a temperatura (MORALES RÍOS et al., 2011; NOLA et al., 2012). A temperatura mais elevada 48 horas após o término do exercício é possivelmente o resultado de maiores fluxos sanguíneos no músculo devido à inflamação e reparação de danos neste (AL-NAKHILI et al., 2012;

PETERSON; RENSTRÖM, 2002). Porém, a variação de CK não apresentou correlação positiva significativa com a temperatura nestes mesmos momentos.

Através da análise sistemática, foi encontrada uma diferença média de temperatura dos músculos analisados variando de 0,09 °C a 0,44 °C nos momentos de menor e maior concentração sérica de CK. Tais dados, porém, não apresentaram diferenças significativas pelo teste t na maioria dos músculos analisados, com o p-valor encontrado variando entre 0,039 e 0,735. Um fato interessante observado foi que o bíceps femoral esquerdo foi o único sitio anatômico analisado que apresentou diferença estatisticamente significativa (p-valor = 0,039).

O rúgbi envolve constantes acelerações e desacelerações do centro de massa, fazendo que os músculos isquiotibiais executem trabalhos excêntricos (TAKARADA, 2003). Estudos demonstram uma alta incidência de lesões dos músculos isquiotibiais em esportes que envolvem ações do ciclo alongamento-encurtamento, como corridas de alta intensidade, acelerações e paradas bruscas, rápidas trocas de direção e chute tal qual é o caso do rúgbi (BROOKS et al., 2006; YU et al., 2008). As figuras abaixo ilustram alguns movimentos realizados, em que o atleta utiliza os músculos isquiotibiais durante uma partida de rúgbi e citados na literatura como possíveis causadores de lesão dos músculos.

A Figura 25 mostra o atleta em momento de início de aceleração da corrida.



Figura 25 – Momento em que o atleta inicia a aceleração de corrida

Fonte: (FOTOJUMP)

A Figura 26 mostra o momento de um *tackle*, onde o atleta que possui a bola e estava em aceleração é parado abruptamente por outro atleta através deste fundamento técnico do rúgbi.



Figura 26 – Momento de desaceleração abrupta causada por um *tackle*

Fonte: (CRC)

As maiores diferenças térmicas foram observadas do lado esquerdo, na face posterior do corpo. Poucos estudos foram feitos tentando encontrar esta assimetria no rúgbi. Sundaram et al. demonstraram em seu estudo que os atletas estavam mais predispostos a sofrer lesão em seu ombro não-dominante que do seu lado dominante, tendo o *tackle* como principal mecanismo causador da lesão (SUNDARAM; BOKOR; DAVIDSON, 2011).

A Figura 27 demonstra o momento do início e do final de um *tackle* duplo em uma partida oficial do campeonato brasileiro de rúgbi.



Figura 27 – Momento do início e fim de um *tackle* duplo realizado em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi

Fonte: (FOTOJUMP)

Mesmo quando elegendo apenas os sujeitos que apresentaram uma variação superior a 50% entre os momentos de menor e maior concentração sérica de CK, os resultados da análise sistemática contidos nas tabelas 11, 12, 13 e 14 não apresentaram correlação entre a variação do nível sérico de CK dos momentos de menor e maior concentração e a variação de temperatura média da área selecionada dos músculos analisados nestes mesmos momentos.

Nos resultados da análise sistemática apresentados nas tabelas 15, 16, 17 e 18, pôde-se observar uma tendência de aumento de temperatura quando há uma variação positiva da CK, corroborando com a literatura consultada de que a lesão muscular eleva o nível sérico de CK (FORNAZIERO, 2009; FOSCHINI et al., 2007; MAUGHAN; GLEESON, 2007) e também da temperatura cutânea (MORALES RÍOS et al., 2011; NOLA et al., 2012). A diferença de temperatura variou entre os dois momentos nos músculos analisados de 0,21°C a 0,83°C. Diferenças de temperaturas acima de 0,5°C sugerem que pode haver algum tipo de disfunção dolorosa no local (BRIOSCHI et al., 2005; MAGAS, 2012).

Cabe observar que, quando separados os sujeitos com variação maior que 50% entre os momentos de menor para o momento de maior concentração sérica de CK, o lado esquerdo dos atletas apresentou uma maior diferença de temperatura, sendo que dos 10 músculos analisados, em seis destes, a temperatura foi maior do lado esquerdo do atleta, sugerindo que este utiliza mais este lado para as ações motoras no rúgbi no Brasil. Além disso, os músculos peitoral esquerdo, reto femoral

esquerdo e o semitendíneo esquerdo apresentaram as maiores diferenças com p-valor de 0,037, 0,057 e 0,045, respectivamente.

Acredita-se que nos demais grupos musculares analisados esta tendência de apresentar uma maior temperatura no momento de maior CK atingiria uma significância estatística numa análise com um maior número de atletas. Existe ainda a variabilidade individual no momento em que a CK atinge seu pico (PESCE; KAPLAN, 1990), podendo este não coincidir, como dito anteriormente, com o aumento da temperatura cutânea por condução térmica a partir do foco da inflamação.

Uma possível explicação para estes resultados é o fato da maioria dos atletas serem destros e terem uma maior habilidade de executar o passe para o lado esquerdo, tendendo a atacar para este lado e conseqüentemente recebendo os *tackles* do lado esquerdo do corpo. Este fato foi observado nos jogos da coleta onde, dos 16 *tries*³ contabilizados, 15 deles aconteceram do lado esquerdo do campo de ataque da equipe e apenas um do lado direito.

A imagem abaixo ilustra o momento de um passe sendo executado para o lado esquerdo.



Figura 28 – Passe sendo executado para o lado esquerdo

Fonte: (FOTOJUMP)

³ O *try* é uma forma de marcar pontos no rúgbi. É marcado quando o atleta apoia a bola contra o solo em área determinada.

Soma-se ao exposto acima outro fator que possivelmente contribui para explicar os resultados deste estudo. Novamente, pelo fato da maioria dos atletas serem destros, estes, carregam a bola do lado dominante e a protegem com o lado não-dominante do corpo, recebendo os impactos deste lado.

A imagem abaixo mostra o momento prévio ao impacto e o atleta que receberá a colisão carregando a bola com o braço direito.



Figura 29 – Atleta carregando a bola com a mão direita e protegendo com a mão esquerda em momento prévio ao impacto

Fonte: (FOTOJUMP)

A Tabela 20 apresenta dados referentes à região superior anterior. Apesar de não ser encontrada correlação estatística significativa ($r=0,061$ e $p\text{-valor}=0,794$), estes dados mostram que há uma tendência de aumento de temperatura nesta região quando do aumento da concentração sérica da CK.

Um dos vários tipos de *tackle* é denominado pela IRB como *tackle* sufocante. Este fundamento exige muita força, pois ambos os atletas estão se deslocando em velocidade no momento da colisão (IRB). Este fundamento pode ser um fator capaz de explicar as lesões ocorridas nesta região.

A Figura 30 demonstra a técnica do *tackle* sufocante.



Figura 30 – Ilustração demonstrando a técnica de um *tackle* sufocante

Fonte: (IRB)

A Tabela 21 apresenta dados referentes à região superior posterior dos sujeitos analisados. Não foi encontrada correlação estatística significativa ($r=0,099$ e $p\text{-valor}=0,670$), porém, estes dados mostram que há uma tendência de aumento de temperatura nesta região quando do aumento da concentração sérica da CK. O aumento de temperatura nesta região pode ter sido decorrente tanto do *tackle* quanto do *scrum*, que é uma forma de reiniciar o jogo após a ocorrência de uma infração leve.

A Figura 31 abaixo mostra o momento de um *scrum*.



Figura 31 – Foto ilustrativa de um *scrum* realizado pelos atletas em uma partida do campeonato brasileiro de rúgbi

Fonte: (FOTOJUMP)

Seguindo a tendência dos dados apresentados nas recentes tabelas (20 e 21), a Tabela 22 oferece dados referentes à região inferior anterior. Esta região demonstra que 11 sujeitos apresentaram variação de temperatura positiva quando relacionada com o aumento da CK, 7 sujeitos apresentaram uma diminuição da temperatura cutânea nos pontos verificados no momento de maior CK e 3 sujeitos não apresentaram variações de temperatura maior que 0,6 °C. Apesar de não ser encontrada correlação estatística significativa ($r=-0,051$ e $p\text{-valor}=0,827$), estes dados mostram a tendência de aumento de temperatura na região inferior anterior quando do aumento da concentração sérica da CK.

O *scrum* seria um possível causador da lesão devido à intensa força necessária para realização deste. Outra causa seriam as corridas de alta intensidade, mudanças de direção e desacelerações bruscas, todas, ações comuns no rúgbi. A lesão causada pela alta intensidade já foi estudada por bandeira et al. (BANDEIRA et al., 2012).

A Tabela 23 apresenta dados referentes à região inferior posterior dos sujeitos. Tais dados seguem a mesma tendência das tabelas anteriores contendo os resultados por inspeção visual onde: 13 sujeitos apresentaram variação de temperatura positiva quando relacionada com o aumento da CK, 6 apresentaram uma diminuição da temperatura cutânea nos pontos verificados e 2 sujeitos não apresentaram variações de temperatura maior que 0,6 °C.

Conforme discutido anteriormente, trabalhos excêntricos comuns em esporte como rúgbi evidenciam a incidência de lesões dos músculos isquiotibiais.

Os resultados contidos nas tabelas 15, 16, 17 e 18 mostram uma tendência ao aumento de temperatura quando há um aumento de concentração sérica de CK. A persistência da temperatura elevada 48 horas após o término do exercício sugere que houve lesão tecidual nos músculos analisados, gerando sítios de maior temperatura, que podem ser localizados e avaliados através da termografia. A literatura revisada neste estudo encontrou diversas indicações da CK como biomarcador e que este é um dos melhores indicadores de lesão tecidual após o exercício (ÅSTRAND et al., 2006; FOSCHINI et al., 2007; LAZARIM et al., 2009; MARTINS, 2010; SILVA et al., 2008; WILMORE; COSTILL, 2001). Quando ocorre lesão muscular, ocorre também uma variação térmica no local comprometido, gerando um acréscimo da temperatura local (MORALES RÍOS et al., 2011; NOLA et al., 2012).

O método de inspeção visual mostrou-se muito simples e eficiente ao se buscar assimetrias térmicas corporais. As figuras 16 e 17 demonstram claramente a grande facilidade para se analisar imagens termográficas, onde se identifica prontamente diferenças térmicas entre os momentos de menor e maior concentração sérica de CK.

7 CONCLUSÕES

No sentido de atingir o objetivo proposto (analisar a utilização da termografia como método de diagnóstico de lesões musculares em atletas de rúgbi durante atividades de treino e jogo), foram realizadas dois tipos de análises das imagens termográficas: a primeira foi uma análise sistemática; e a segunda uma análise por inspeção visual.

O propósito da execução da análise sistemática foi de tentar descobrir se há correlação entre o aumento da concentração sérica de CK e o aumento de temperatura em áreas selecionadas dos músculos de interesse deste estudo, não sendo encontrada correlação estatística significativa entre estas variáveis. Entre as possíveis explicações destacam-se: (1) A limitação deste estudo referente ao controle da rotina de treinos e normal recuperação dos atletas e a variabilidade individual do momento em que a CK atinge o valor de pico de atividade após o exercício; (2) O rúgbi é um esporte em que ocorrem muitas colisões tanto durante os treinos quanto durante as partidas, devido a isto, há uma grande quantidade de locais passíveis de lesão, o que dificulta uma avaliação por grupos. Portanto, há grande possibilidade do atleta apresentar lesão em um músculo que não foi analisado neste estudo.

Os resultados mostram que há uma tendência ao aumento de temperatura quando há um aumento de concentração sérica de CK. O fato da persistência da temperatura elevada 48 horas após o término da partida sugere que houve lesão tecidual que gerou sítios de maior temperatura, os quais podem ser encontrados e avaliados através da termografia.

Apesar da tendência em confirmar a hipótese de que a lesão muscular causa um aumento de temperatura cutânea do sujeito, este estudo não foi capaz de encontrar correlações estatisticamente significativas entre estas variáveis.

A inspeção visual procurou por diferenciações térmicas, comparando a temperatura de áreas que apresentaram diferenças maiores que 0,6 °C entre os momentos de menor e maior concentração sérica de CK e também por assimetria corporal (o que sugere lesão muscular). Por inspeção visual, foi possível identificar diversas regiões com indícios de lesão muscular. Dependendo da região anatômica

e considerando os gestos específicos do esporte rúgbi, pode-se postular o tipo de origem das lesões (por sobrecarga muscular ou por trauma).

Os resultados encontrados neste estudo sugerem que a termografia pode ser utilizada como método de apoio ao diagnóstico de lesão muscular, porém, devido à facilidade encontrada para se localizar pontos com assimetrias térmicas, sugere-se a opção pela análise por inspeção visual, como é o caso dos demais exames de imagem, pois a análise de forma sistemática não apresentou resultados considerados positivos na identificação das lesões neste estudo.

REFERÊNCIAS

- ABOODARDA, S. J. et al. Muscle strength and damage following two modes of variable resistance training. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 10, n. 4, p. 635-642, 2011.
- AL-NAKHLI, H. H. et al. The use of thermal infrared imaging to assess the efficacy of a therapeutic exercise program in individuals with diabetes. **Diabetes Technology & Therapeutics**, v. 14, n. 2, p. 159-167, 2012.
- AL-NAKHLI, H. H. et al. The Use of Thermal Infra-Red Imaging to Detect Delayed Onset Muscle Soreness. **J Vis Exp**, n. 59, p. 3551, 2012.
- ALVES, L. M.; SOARES, R. P.; LIEBANO, R. E. Incidência de lesões na prática do rúgbi amador no Brasil. **Fisioterapia e Pesquisa**, v. 15, n. 2, 2008.
- ARLIANI, G. G. et al. The Brazilian Football Association (CBF) model for epidemiological studies on professional soccer player injuries. **Clinics**, v. 66, n. 10, p. 1707-1712, 2011.
- ASCENSÃO, A. et al. Biochemical impact of a soccer match — analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical Biochemistry**, v. 41, n. 10–11, p. 841-851, 2008.
- ÅSTRAND, P.-O. et al. **Tratado de fisiologia do trabalho: bases fisiológicas do exercício**. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- BANDEIRA, F. et al. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, 2012.
- BARONI, B. M. et al. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 4, p. 789-796, 2010.
- BARROS, T. L. D.; GUERRA, I. **Ciência do futebol**. São Paulo: Manole, 2004.
- BARROSO, G. C.; THIELE, E. S. Lesão muscular nos atletas. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 46, p. 354-358, 2011.
- BARROSO, R.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Adaptações neurais e morfológicas ao treinamento de força com ações excêntricas. **R Bras Ci e Mov**, v. 13, n. 2, p. 111-22, 2005.
- BASSAN, J. C. **Determinación de patrones bioquímicos en el deporte de combate de alto rendimiento**. 2007. Departamento de ciencias de la Salud, Universidad Católica de San Antonio, Murcia.

BAUDUER, F. et al. Déséquilibres biochimiques, déshydratation, récupération et rugby professionnel – données du suivi longitudinal de la Ligue nationale de rugby et de l'exploration par bioimpédance multifréquence. **Science & Sports**, v. 26, n. 1, p. 19-24, 2011.

BERZ, R.; SAUER, H. The medical use of Infrared-Thermography; History and recent applications. Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung eV (Ed): Thermografie-Kolloquium, 2007.

BHOWMIK, A. et al. Conventional and newly developed bioheat transport models in vascularized tissues: A review. **Journal of Thermal Biology**, v. 38, n. 3, p. 107-125, 2013.

BILLAT, V. **Fisiología y metodología del entrenamiento: de la teoría a la práctica**. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2002.

BLACK, H. R.; QUALLICH, H.; GARELECK, C. B. Racial differences in serum creatine kinase levels. **The American Journal of Medicine**, v. 81, n. 3, p. 479-487, 1986.

BÖHME, M. T. S. **Treinamento a longo prazo e o processo de detecção, seleção e promoção de talentos esportivos**. 2000, v. 21, n. 2, 2010.

BONTRAGER, K. L. **Tratado de técnica radiológica e base anatômica**. 5ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

BONTRAGER, K. L.; LAMPIGNANO, J. P. **Tratado de posicionamento radiográfico e anatomia associada**. 7ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BOUCHARD, C.; HOFFMAN, E. P. **Genetic and molecular aspects of sport performance** Oxford: Blackwell Publishing, 2011.

BRANCACCIO, P.; LIMONGELLI, F. M.; MAFFULLI, N. Monitoring of serum enzymes in sport. **Br J Sports Med**, v. 40, n. 2, p. 96-7, 2006.

BRANCACCIO, P.; LIPPI, G.; MAFFULLI, N. Biochemical markers of muscular damage. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 48, n. 6, p. 757-767, 2010.

BRANCACCIO, P. et al. Serum Enzyme Monitoring in Sports Medicine. **Clinics in Sports Medicine**, v. 27, n. 1, p. 1-18, 2008.

BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **Br Med Bull**, v. 81-82, n. 1, p. 209-30, 2007.

BRANT, W. E.; HELMS, C. A. **Fundamentos de radiologia: diagnóstico por imagem**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

BRIOSCHI, M. L.; ABRAMAVICUS, S.; CORRÊA, C. F. Valor da imagem infravermelha na avaliação da dor. **Rev Soc Bras Estudo da Dor**, v. 6, n. 1, p. 514-524, 2005.

BRIOSCHI, M. L. et al. O uso da termografia infravermelha na avaliação do retorno ao trabalho em programa de reabilitação ampliado (PRA). **Cep**, v. 1409, p. 002, 2009.

BRIOSCHI, M. L.; MACEDO, J. F.; MACEDO, R. D. A. C. Termometria cutânea: novos conceitos. **J Vasc Bras**, v. 2, p. 151-60, 2003.

BRIOSCHI, M. L. et al. Documentação da síndrome dolorosa miofascial por imagem infravermelha. **Acta Fisiátrica**, v. 14, n. 1, 2007.

BRIOSCHI, M. L. et al. Utilização da imagem infravermelha em reumatologia. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 47, p. 42-51, 2007.

BRIOSCHI, M. L.; YENG, L. T.; TEIXEIRA, M. J. Diagnóstico avançado em dor por imagem infravermelha e outras aplicações. **Prática Hospitalar**, 2007.

BROOKS, J. H. M. et al. Incidence, risk, and prevention of hamstring muscle injuries in professional rugby union. **American Journal of Sports Medicine**, v. 34, n. 8, p. 1297-1306, 2006.

BUIST, I. et al. Incidence and risk factors of running-related injuries during preparation for a 4-mile recreational running event. **British Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 8, p. 598-604, 2010.

BURTIS, C. A.; ASHWOOD, E. R.; ALDRICH, J. E. **Tietz Fundamentos de química clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

BURTIS, C. A.; ASHWOOD, E. R.; BRUNS, D. E. **Tietz, Fundamentos de química clínica**. 6ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CAMPBELL, M. K. **Bioquímica**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

CANNON, J.; ST. PIERRE, B. Cytokines in exertion-induced skeletal muscle injury. **Molecular and Cellular Biochemistry**, v. 179, n. 1-2, p. 159-168, 1998.

CARVALHO, A. R. D. et al. Variação de temperatura do músculo quadríceps femoral exposto a duas modalidades de crioterapia por meio de termografia. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, p. 109-111, 2012.

CASTAGNA, C. et al. Match demands of professional Futsal: A case study. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 4, p. 490-494, 2009.

CINGOLANI, H. E.; HOUSSAY, A. B. **Fisiologia humana de Houssay**. 7. Porto Alegre: Artmed, 2004.

CLOKE, D. et al. Thigh muscle injuries in youth soccer: Predictors of recovery. **American Journal of Sports Medicine**, v. 40, n. 2, p. 433-439, 2012.

COELHO, D. B. et al. Cinética da creatina quinase em jogadores de futebol profissional em uma temporada competitiva. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, v. 13, n. 3, p. 189-194, 2011.

COELHO, D. B. et al. Limiar anaeróbio de jogadores de futebol de diferentes categorias. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n. 1, 2009.

COHEN, M. et al. Lesões ortopédicas no futebol. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 32, n. 12, 1997.

CRC. Disponível em: < https://www.facebook.com/CuritibaRugby/photos_stream >. Acesso em: 22/06/2013.

CRUZ, S. N. D. S. R. A.; SANTOS, L. L.; AZEVEDO, G. M. D. C. Valorização do direito desportivo resultante da formação. **Revista de educação e pesquisa em contabilidade**, v. 4, n. 1, 2010.

CRUZAT, V. F. et al. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, p. 336-342, 2007.

CUNNIFFE, B. et al. Time course of changes in immunoendocrine markers following an international rugby game. **European Journal of Applied Physiology**, v. 108, n. 1, p. 113-122, 2010.

DAMO, A. S. **Do dom à profissão: uma etnografia do futebol de espetáculo a partir da formação de jogadores no Brasil e na França**. 2005. (Doutorado). Instituto de filosofia e ciências humanas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

DAVIES, A.; BLAKELEY, A. G. H.; KIDD, C. **Fisiologia humana**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

DOYON, D. et al. **Diagnóstico por imagem em ressonância magnética**. Rio de Janeiro: Medsi, 2000.

DUFFIELD, R.; CANNON, J.; KING, M. The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 1, p. 136-140, 2010.

DUFFIELD, R. et al. Post-match changes in neuromuscular function and the relationship to match demands in amateur rugby league matches. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 15, n. 3, p. 238-243, 2012.

EKSTRAND, J.; HÄGGLUND, M.; WALDÉN, M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). **American Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 6, p. 1226-1232, 2011.

ESTON, R.; BYRNE, C.; TWIST, C. Muscle function after exercise-induced muscle damage: Considerations for athletic performance in children and adults. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 1, n. 2, 2004 2003.

FANEM. Disponível em: < <http://www.fanem.com.br/produto/31/centrAshyfuga-baby-i-206-bl> >. Acesso em: 28/05/2013.

FERNANDES, T. L.; PEDRINELLI, A.; HERNANDEZ, A. J. Lesão muscular – fisiopatologia, diagnóstico, Tratamento e apresentação clínica. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 46, n. 3, 2011.

FETT, C. A. et al. A suplementação de ácidos graxos ômega 3 e triglicérides de cadeia média não alteram os indicadores metabólicos em um teste de exaustão. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, p. 44-49, 2004.

FILHO, A. C. D. C. A. Teletermografia: princípios físicos, fisiológicos e fisiopatológicos da produção da imagem e suas indicações na clínica de dor e reabilitação. **Acta Fisiátrica**, v. 6, n. 2, 1999.

FLIR. Disponível em: < <http://www.flira325.com/> >. Acesso em: 28/05/2013.

FOLEY, J. M. et al. MR measurements of muscle damage and adaptation after eccentric exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 6, p. 2311-2318, December 1, 1999 1999.

FORNAZIERO, A. M. **Efeitos de um jogo de futebol sobre marcadores fisiológicos, bioquímicos e de performance**. 2009. Dissertação (Mestrado). Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M. A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 9, n. 1, 2007.

FOSS, M. L. **Fox, bases fisiológicas do exercício e do esporte**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

FOTOJUMP. Disponível em: < <http://www.fotojump.com.br/> >. Acesso em: 22/06/2013.

FRANÇA, S. C. A. et al. Resposta divergente da testosterona e do cortisol séricos em atletas masculinos após uma corrida de maratona. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 50, p. 1082-1087, 2006.

FRÉJAVILLE, J. P.; KAUMOUN, P. **Manual de exames de laboratório: 500 exames. Indicação, técnica, interpretação e diagnóstico**. Rio de Janeiro: Livraria Atheneu, 1989.

GABBETT, T. J. Incidence of injury in semi-professional rugby league players. **British Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 1, p. 36-44, February 1, 2003.

GARCIA, D. R. **Validação da termografia no diagnóstico de lesões por esforços repetitivos/distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho**. 2004. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Educação física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GARCIA, M. C. **Concentração plasmática de hormônios indicadores de overtraining em jogadores de futebol**. 2004. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biologia, Universidade estadual de Campinas, Campinas.

GARRETT JR., W. E.; KIRKENDALL, D. T. **A ciência do exercício e dos esportes**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

GUYTON, A. C. **Fisiologia humana**. 6ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 11ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier editora, 2006.

HAMMOUDA, O. et al. Morning-to-evening difference of biomarkers of muscle injury and antioxidant status in young trained soccer players. **Biological Rhythm Research**, v. 43, n. 4, p. 431-438, 2012.

HARDY, J. D.; MUSCHENHEIM, C. The radiation of heat from the human body. Iv. The emission, reflection, and transmission of infra-red radiation by the human skin. **The Journal of Clinical Investigation**, v. 13, n. 5, p. 817-831, 1934.

HASELER, C. M.; CARMONT, M. R.; ENGLAND, M. The epidemiology of injuries in English youth community rugby union. **British Journal of Sports Medicine**, v. 44, n. 15, p. 1093-1099, December 1, 2010.

HENRY, J. B. **Diagnósticos clínicos e tratamento por métodos laboratoriais**. São Paulo: Manole, 1995.

_____. **Diagnósticos clínicos e tratamento por métodos laboratoriais**. 20ª Edição. Barueri: Manole, 2008.

HILDEBRANDT, C. et al. The Application of Medical Infrared Thermography in Sports Medicine In: ZASLAV, K. R. (Ed.). **International Perspective on Topics in Sports Medicine and Sports Injury**, 2012.

IRB. Disponível em:< http://www.irbrugbyready.com/pdfs/beginners_guide_ptbr.pdf>. Acesso em: 22/06/2013.

ISPIRLIDIS, I. et al. Time-course of Changes in Inflammatory and Performance Responses Following a Soccer Game. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v. 18, n. 5, p. 423-431, 2008.

ITAKURA, D. A. **Alterações térmicas na região sacral com diferentes colchões utilizados na prevenção de úlceras por pressão**. 2012. (Mestrado). Tecnologia em Saúde, Pontifícia Universidade Católica do Paraná Curitiba.

JARMEY, C. **Atlas conciso de los músculos**. Badalona: Editorial Paidotribo, 2008.

JÄRVINEN, T. A. H. et al. Muscle injuries: optimising recovery. **Best Practice & Research Clinical Rheumatology**, v. 21, n. 2, p. 317-331, 2007.

JOHNSTON, J. D. et al. **Racial variation in serum creatine kinase levels**, *The American journal of medicine* v. 81 n.3, p. 479-487, 1986.

JOHNSTON, R. D.; GABBETT, T. J.; JENKINS, D. G. Influence of an intensified competition on fatigue and match performance in junior rugby league players. **J Sci Med Sport**, n. 0, 2012.

JONES, B. F.; PLASSMANN, P. Digital infrared thermal imaging of human skin. **Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE**, v. 21, n. 6, p. 41-48, 2002.

JOUGLA, A.; MICALLEF, J. P.; MOTTET, D. Effects of active vs. passive recovery on repeated rugby-specific exercises. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 3, p. 350-355, 2010.

JU, X.; NEBEL, J.-C.; SIEBERT, J. P. 3D thermography imaging standardization technique for inflammation diagnosis. **Proc. SPIE, Photonics Asia**, 2004.

JUNGE, A. et al. Injuries in youth amateur soccer and rugby players—comparison of incidence and characteristics. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 2, p. 168-172, 2004.

KIMIO, O.; TATSUO, T. Hippocratic thermography. **Physiological Measurement**, v. 18, n. 3, p. 227, 1997.

KNIFIS, F. et al. Características antropométricas e sua relação com microlesões induzidas pelo exercício. **Brazilian Journal of Biomotricity**, v. 2, n. 122, p. 31, 2008.

LAC, G.; MASO, F. Biological markers for the follow-up of athletes throughout the training season. **Pathologie Biologie**, v. 52, n. 1, p. 43-49, 2004.

LAHIRI, B. B. et al. Medical applications of infrared thermography: A review. **Infrared Physics and Technology**, v. 55, n. 4, p. 221-235, 2012.

LAZARIM, F. L. et al. The upper values of plasma creatine kinase of professional soccer players during the Brazilian National Championship. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 12, n. 1, p. 85-90, 2009.

LIMA, A. O. et al. **Métodos de laboratório aplicados à clínica: Técnica e interpretação**. 7ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

LIPPI, G. et al. Foot-strike haemolysis after a 60-km ultramarathon. **Blood Transfusion**, v. 10, n. 3, p. 377-383, 2012.

LO, K. R. et al. Development and validation of a sensitive immunoassay for the skeletal muscle isoform of creatine kinase. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 1, p. 117-119, 2010.

LOPES, A. S. et al. Estudo clínico e classificação das lesões musculares. **Rev Bras Ortop**, v. 28, n. 10, p. 707-17, 1993.

LÓPEZ, J. C. **Enzimología: Química de las enzimas. Métodos de preparación y valoración. Nomenclatura, clasificación y descripción. Aplicación en medicina.** Barcelona: Editorial científico-médica, 1969.

LUFKIN, R. B. **Manual de ressonância magnética.** 2ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999.

MACHADO, M. et al. Effect of a Single Dose of Caffeine Supplementation and Intermittent-interval Exercise on Muscle Damage Markers in Soccer Players. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 7, n. 2, p. 91-97, 2009.

MAGAS, V. **Avaliação da aplicação da termografia no diagnóstico de LER/DORT nas articulações do punho, carpo e metacarpo.** 2012. (Mestre). Tecnologia em saúde, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba.

MARTINS, F. S. B. **Alterações bioquímicas induzidas por diferentes tipos de provas de triatlo.** 2010. 245 Dissertação (Mestrado). Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, Universidade do Porto, Porto.

MAUGHAN, R.; GLEESON, M. **As bases bioquímicas do desempenho nos esportes.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

MAUGHAN, R.; GLEESON, M.; GREENHAFF, P. L. **Bioquímica do exercício e treinamento.** Barueri: Manole, 2000.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano.** 5ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

MCCAFFERTY, D. J. et al. Estimating metabolic heat loss in birds and mammals by combining infrared thermography with biophysical modelling. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 158, n. 3, p. 337-345, 2011.

MCLELLAN, C. P.; LOVELL, D. I.; GASS, G. C. Markers of postmatch fatigue in professional rugby league players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 4, p. 1030-1039, 2011.

MENA, P.; MAYNAR, M.; CAMPILLO, J. E. Changes in plasma enzyme activities in professional racing cyclists. **British Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 2, p. 122-124, 1996.

MINDRAY. Disponível em: < <http://www.mindray.com/pt/products/38.html> >. Acesso em: 28/05/2013.

MITTELSTAEDT, C. A. **Ultra-sonografia Geral.** Rio de Janeiro: Livraria e editora REVINTER, 2000.

MORALES RÍOS, M. et al. Termografía infrarroja y el estudio de riesgos de lesiones músculo esqueléticas. **Revista Ingeniería Industrial**, n. 1, p. 55-67, 2011.

MOTTA, V. T. **Bioquímica Clínica: princípios e interpretações**. 5ª ed. Medbook, 2009.

MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 10, p. 674-678, 007.

MOURA, R. D. A. et al. **Técnicas de laboratório**. 2ª edição. Rio de Janeiro Livraria Atheneu, 1982.

MOURA, R. D. A. et al. **Técnicas de laboratório**. 3ª edição. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

NETO, J. M. F. A. et al. Manutenção de microlesões celulares e respostas adaptativas a longo prazo no treinamento de força. **Brazilian Journal of Biomotricity**, v. 1, 2007.

NICHOLL, J. P.; COLEMAN, P.; WILLIAMS, B. T. The epidemiology of sports and exercise related injury in the United Kingdom. **British Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 4, p. 232-238, 1995.

NOGUEIRA, D. M. et al. **Métodos de bioquímica clínica**. São Paulo: Pancast, 1990.

NOLA, I. A.; GOTOVAC, K.; KOLARIC, D. Thermography in biomedicine - Specific requirements In:**ELMAR, Proceedings**. IEEE,. p. 355-357, 2012.

PAGE, P. **Pathophysiology of acute exercise-induced muscular injury: clinical implications**. 1995. 29-34 ISBN 1062-6050.

PALACIO, E. P.; CANDELORO, B. M.; LOPES, A. D. A. Lesões nos jogadores de futebol profissional do Marília Atlético Clube: estudo de coorte histórico do campeonato brasileiro de 2003 a 2005. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 1, 2009.

PEAKE, J.; NOSAKA, K.; SUZUKI, K. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. **Exercise Immunology Review**, v. 11, p. 64-85, 2005.

PEREIRA, B.; JUNIOR, T. P. D. S. **Metabolismo celular e exercício físico: aspectos bioquímicos e nutricionais**. 2ª edição. São Paulo: Phorte, 2007.

PESCE, A. J.; KAPLAN, L. A. **Química clínica: métodos**. Buenos Aires: Editorial médica Panamericana, 1990.

PETERSON, L.; RENSTRÖM, P. **Lesões do esporte - prevenção e tratamento**. São Paulo: Manole, 2002.

PILLA, C. **Efeito dos aminoácidos de cadeia ramificada e seus cetoácidos sobre a atividade da creatinaquinase de cérebros de ratos jovens**. 2003. (Doutor).

Ciências básicas da saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício: Teoria e aplicação ao condicionamento e desempenho**. São Paulo: Manole, 2000.

PRANDO, A.; MOREIRA, F. A. **Fundamentos de radiologia e diagnóstico por imagem**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

PUMPA, K. L. et al. The effects of Lyprinol[®] on delayed onset muscle soreness and muscle damage in well trained athletes: A double-blind randomised controlled trial. **Complementary Therapies in Medicine**, v. 19, n. 6, p. 311-318, 2011.

REILLY, T. et al. **Physiology of sports**. Taylor & Francis e-Library, 2005.

RING, E. F. J. The historical development of temperature measurement in medicine. **Infrared Physics & Technology**, v. 49, n. 3, p. 297-301, 2007.

RING, E. F. J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiological Measurement**, v. 33, n. 3, p. R33, 2012.

SAFRAN, M. R.; MCKEAG, D. B.; CAMP, S. P. V. **Manual de medicina esportiva**. São Paulo: Manole, 2002.

SAMPAIO, E.; VELOZO, E. **Fisiologia do esforço**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2001.

SAMPAIO, E. S. D. **Biologia aplicada à educação física**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 1997.

SANDS, W. A.; MCNEAL, J. R.; STONE, M. H. Thermal imaging and gymnastics injuries: a means of screening and injury identification. **Science of Gymnastics Journal**, v. 3, n. 2, p. 5-12, 2011.

SARGENTIM, S. **Treinamento de força no futebol**. São Paulo: Phorte editora, 2010.

SBRICCOLI, P. et al. Exercise induced muscle damage and recovery assessed by means of linear and non-linear sEMG analysis and ultrasonography. **Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology**, v. 11, n. 2, p. 73-83, 2001.

SCHAAP, M. et al. Fast Noise Reduction in Computed Tomography for Improved 3-D Visualization. **Medical Imaging, IEEE Transactions on**, v. 27, n. 8, p. 1120-1129, 2008.

SILVA, A. S. R. et al. Psychological, biochemical and physiological responses of Brazilian soccer players during a training program. **Science & Sports**, v. 23, n. 2, p. 66-72, 2008.

SILVA, C. C. et al. Respostas agudas pós-exercício dos níveis de lactato sanguíneo e creatinofosfoquinase de atletas adolescentes. **Revista Brasileira de medicina do esporte**, v. 13, p. 381-386, 2007.

SILVA, P. R. S. et al. Níveis de lactato sanguíneo, em futebolistas profissionais, verificados após o primeiro e o segundo tempos em partidas de futebol. **Acta Fisiátrica**, v. 7, n. 10, 2000.

SINGH, T. K. R. et al. A comparison of muscle damage, soreness and performance following a simulated contact and non-contact team sport activity circuit. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 14, n. 5, p. 441-446, 2011.

SIQUEIRA, L. D. O. et al. Análise de parâmetros bioquímicos séricos e urinários em atletas de meia maratona. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 53, p. 844-852, 2009.

SMITH, C.; MARKS, A. D.; LIEBERMAN, M. **Bioquímica médica de Marks**. 2ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2007.

SMITH, L. L. et al. The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. **British Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 4, p. 267-271, 1994.

SORIANO, F. **A bola não entra por acaso: estratégias inovadoras de gestão inspiradas no mundo do futebol**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2010.

STEVENS, E. D. Effect of phase of stimulation on acute damage caused by eccentric contractions in mouse soleus muscle. **Journal of Applied Physiology**, v. 80, n. 6, p. 1958-1962, 1996.

STIMAC, G. K. **Introdução ao diagnóstico por imagens**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1994.

STOLEN, T. et al. Physiology of Soccer: An Update. **Sports Medicine**, v. 35, n. 6, p. 501-536, 2005.

SUNDARAM, A.; BOKOR, D. J.; DAVIDSON, A. S. Rugby Union on-field position and its relationship to shoulder injury leading to anterior reconstruction for instability. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 14, n. 2, p. 111-114, 2011.

SUTTON, D. **Radiologia e diagnóstico por imagem para estudantes de medicina**. 6ª edição. São Paulo: Editora Roca, 1996.

SUZUKI, K. et al. Endurance exercise causes interaction among stress hormones, cytokines, neutrophil dynamics, and muscle damage. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 4, p. 1360-1367, 1999.

SZENTKUTI, A.; SKALA KAVANAGH, H.; GRAZIO, S. Infrared thermography and image analysis for biomedical use. **Periodicum biologorum**, v. 113, n. 4, p. 385-392, 2011.

TAKARADA, Y. Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays. **British Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 5, p. 416-419, 2003.

TAN, J.-H. et al. Infrared thermography on ocular surface temperature: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 52, n. 4, p. 97-108, 2009.

TIDBALL, J. G. Inflammatory processes in muscle injury and repair. **American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v. 288, n. 2 57-2, p. R345-R353, 2005.

TKACOVA, M. et al. The methodics of medical thermography in the diagnostics of the human body musculoskeletal system. In: **Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), IEEE 8th International Symposium**, p. 275-277, 2010.

TOTSUKA, M. et al. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, n. 4, p. 1280-1286, October 1, 2002 2002.

TRICOLI, V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. **Rev. Bras. Ciên. e Mov. Brasília v**, v. 9, n. 2, 2001.

VAN DE VYVER, M.; MYBURGH, K. H. Cytokine and satellite cell responses to muscle damage: Interpretation and possible confounding factors in human studies. **Journal of Muscle Research and Cell Motility**, v. 33, n. 3-4, p. 177-185, 2012.

VAZ, V. P. S. **Especialização desportiva em jovens hoquistas masculinos: Estudo do jovem atleta, do processo de selecção e da estrutura do rendimento**. 2011. Universidade de Coimbra, Coimbra.

VOLLMER, M.; MÖLLMANN, K.-P. **Infrared thermal imaging**. Weinheim: Wiley-Vch Verlag GmbH & Co., 2010.

WAŚKIEWICZ, Z. et al. Acute metabolic responses to a 24-h ultra-marathon race in male amateur runners. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 5, p. 1679-1688, 2012.

WEBB, S. **The physics of medical imaging**. Philadelphia: Institute of Physics Publishing, 1988.

WESTBROOK, C.; KAUT, C. **Ressonância magnética prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

WILLOUGHBY, D.; MCFARLIN, B.; BOIS, C. Interleukin-6 expression after repeated bouts of eccentric exercise. **International journal of sports medicine**, v. 24, n. 1, p. 15-21, 2003.

WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. São Paulo: Manole, 2001.

YENG, L. T.; KAZIYAMA, H. H. S.; TEIXEIRA, M. J. Síndrome dolorosa miofascial. **Jornal brasileiro de oclusão, ATM e dor orofacial**, v. 3, n. 9, 2003.

YU, B. et al. Hamstring muscle kinematics and activation during overground sprinting. **Journal of Biomechanics**, v. 41, n. 15, p. 3121-3126, 2008.

APÊNDICE A – PROCEDIMENTO DE PREPARAÇÃO PARA O EXAME

Procedimentos ao se preparar para o exame:

Para se submeter aos exames, solicitamos que você siga as seguintes orientações:

- Não tome medicamentos que possam ser suspensos temporariamente (calmantes, anti-inflamatório, analgésicos, etc.). Caso esteja sob ação de medicamentos, informe ao pesquisador responsável antes de realizar o exame;
- Não ingerir esteroides, betabloqueadores, medicações vasoativas, opióides, adesivos transdérmicos, etc. nas 24 horas anteriores;
- Não submeter-se a qualquer tratamento crioterápico ou por calor;
- Não praticar atividade física pelo menos uma hora antes do exame;
- Evitar cigarro;
- Não ingira café, chá ou bebidas alcoólicas nas duas horas precedentes ao exame;
- Evitar tratamentos locais com óleos ou aplicação de cosméticos;
- Caso queira, banhar-se pelo menos duas horas antes, evitando-se expor-se a água muito quente ou fria;
- Evitar aplicar qualquer material sobre pele, tais como loções, desodorantes, talcos, analgésicos, filtro solar, hidratante, creme, etc. próximo à região a ser examinada;
- Use uma roupa confortável para impedir que a circulação sanguínea fique restrita, evitando assim, gerar áreas de compressão;
- Não utilizar anéis, correntes e pulseiras durante o exame;
- Evitar a manipulação da região a ser examinada ou a compressão exercida por roupa, cadeiras ou partes do corpo (cruzar as pernas, braços, braços em contato com a lateral do corpo, debruçar-se sobre os cotovelos, etc.);
- Não faça refeições muito calóricas (gordurosas ou doces);
- Não pratique qualquer tipo de atividade física de intensidade média a alta nos dias precedentes à coleta de sangue;

Se você não puder cumprir qualquer destas orientações, por favor, informe isto ao pesquisador responsável antes do exame.