

Gustavo Henrique Belo França

**USO DA MEDIDA DA CONCENTRAÇÃO DA CREATINA QUINASE E DA
TERMOGRAFIA NO CONTROLE DO DESGASTE FÍSICO EM ATLETAS DE
FUTEBOL**

Belo Horizonte

2015

Gustavo Henrique Belo França

**USO DA MEDIDA DA CONCENTRAÇÃO DA CREATINA QUINASE E DA
TERMOGRAFIA NO CONTROLE DO DESGASTE FÍSICO EM ATLETAS DE
FUTEBOL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Educação Física, modalidade bacharelado da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do Grau de bacharel em Educação Física.

Orientador: Dr. Washington Pires

Belo Horizonte

2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me oferecer oportunidades, e luz para trilhar meus caminhos.

A minha família, base para o que sou hoje. Minha mãe, Maria José, pelo apoio, amor e compreensão. A meu pai, Marcelo, pelo amor e ânimo que transmite. A minha irmã, Natália, pelo companheirismo, amor e ajuda. A meu primo, Juarez, por me motivar através de brincadeiras a continuar seguindo meu caminho na faculdade. A minha tia Geralda, pelo apoio no início do percurso. A meu tio Mauro Roberto, pelo exemplo de profissional que sempre é.

Ao Professor e orientador Washington Pires, pela paciência, disciplina, comprometimento e respeito para realização deste trabalho. Agradeço também por aceitar me orientar prontamente, sem nenhum problema.

RESUMO

As lesões no futebol prejudicam o desempenho dos atletas e clubes durante as competições. Sendo o futebol, um esporte com numerosas ações excêntricas e sabendo que o maior risco de lesão ocorre nesse tipo de ação, prevenir lesões em atletas de futebol torna-se importante. Portanto, o objetivo da presente revisão sistemática é verificar se a medida da concentração plasmática de creatina quinase (CK) e da análise termográfica são capazes de prever o desgaste de jogadores de futebol após os treinos e jogos. Foram selecionados estudos dos últimos dezessete anos em idioma inglês, português e espanhol. Utilizou-se para busca a base de dados da plataforma Capes, pubmed, Scielo e o google acadêmico. Os resultados mostraram a existência de atletas %alto respondentes+ e %baixo respondentes+ ao estresse provocado pelo exercício e grande variabilidade das concentrações de CK. Na pré-temporada o treinamento induz aumento da CK em virtude do treinamento que foi iniciado. Por outro lado, essa concentração diminui a cada sessão, alcançando valores baixos no início do campeonato. Após uma partida, parece adequado medir a concentração de CK 48 horas pós-esforço para inferir o dano muscular. Ao longo das competições a concentração de CK permanece inalterada ou aumenta em algumas situações, sugerindo que é possível inferir o desgaste físico durante a temporada por meio dessa medida. Alterações no desgaste muscular de jogadores podem também ser detectadas por meio da análise termográfica. Em condições normais, os atletas devem apresentar simetria térmica entre o lado esquerdo e direito do corpo. A importância do uso combinado da medida da CK com a análise termográfica no controle do desgaste físico dos jogadores de futebol reside no fato que a CK fornece boas informações dos micro traumas induzidos pela partida ou treinamento, porém esta não tem a capacidade de mostrar o local que estas lesões ocorreram. A termografia mostra o aumento de temperatura nas áreas com grau elevado de inflamação, sendo possível inferir o local mais afetado pelos micro traumas. Em uma modalidade de alto rendimento, como o futebol, é necessário o controle preciso das cargas de treinamento e recuperação. O uso combinado da medida de CK e análise termográfica fornecem parâmetros integrados para a interpretação do estado fisiológico do atleta.

Palavras-chave: Desempenho. Temperatura. Desgaste muscular. Treinamento. Recuperação.

ABSTRACT

Injuries in soccer impair performance of athletes during the competitions. As soccer is a sport with great eccentric actions and knowing that the greatest risk of injury occurs in this kind of action, prevent injuries in soccer players becomes important. Therefore, the aim of this systematic review was determine whether the measurement of plasma concentration of creatine kinase (CK) and thermography analysis are able to predict the wear of soccer players after training and games. We selected studies of the last seventeen years in English, Portuguese and Spanish. We used platform capes, pubmed, scielo and academic google databases to find the original papers and reviews. The results showed the existence of athletes "high responders" and "low responders" to stress caused by exercise and high variability of CK concentrations. In the preseason training is observed increased CK induced by training initiation. Moreover, this concentration decreases each session, reaching low values at the beginning of the competition. After a match, it seems appropriate to measure the concentration of CK 48 hours post-exercise to infer the muscle damage. Throughout the competitions CK concentration remains unchanged or increases in some situations, suggesting that it is possible to infer the physical wear during the season by that measure. Changes in muscle wasting players can be detected by thermography analysis. Under normal conditions, the athletes must present thermal symmetry between the left and right side of the body. The importance of the combined use of the measurement of CK with the thermography analysis in control of the physical wear of soccer players lies in the fact that CK provides good information from micro traumas induced by match or training, but does not have the ability to show the location that these injuries occurred. Thermography shows the increase in temperature in areas with high degree of inflammation, and can infer the location most affected by micro traumas. In high performance sports, such as soccer, precise control of training loads and recovery is required. The combined use of measuring CK and thermography analysis provide integrated parameters for the interpretation of the physiological state of the athletes.

Keywords: Performance. Temperature. Muscle damage. Training. Recovery.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.2 Objetivo geral.....	9
1.3 Objetivos específicos.....	9
2 MÉTODOS	10
3 DESENVOLVIMENTO	11
3.1 Relação entre a medida da concentração plasmática de creatina quinase e o nível de desgaste de jogadores de futebol após treinos e jogos	11
3.1.1 Valores de referência e variabilidade da CK	20
3.1.2 Pré-temporada	23
3.1.3 Pico de CK.....	24
3.1.4 Temporada competitiva e CK	24
3.2 Verificar a relação entre a análise termográfica e o nível de estresse de jogadores de futebol após treinos e jogos.....	25
3.2.1 Simetria e assimetria de temperatura	34
3.3 Utilização combinada da medida da CK e da termografia no controle do desgaste físico no futebol	34
4 CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

O futebol é o esporte mais popular em todo o mundo. Um estudo feito pela FIFA (*Fédération Internationale de Football Association*) no ano 2007, através de dados fornecidos pelas 207 federações filiadas a organização, mostrou que 265 milhões de pessoas praticam o futebol, sendo esse valor 9% maior que outro estudo realizado em 2000 pela mesma federação. Destes, apenas 38,3 milhões são jogadores registrados. Ainda segundo este estudo, 238,6 milhões de praticantes são homens e 26 milhões mulheres, número 19% maior que encontrado em 2000 (FIFA, 2007).

O jogo de futebol de campo é uma modalidade esportiva disputada em um campo gramado com dimensões de 64 a 75 metros de largura e 100 a 110 metros de comprimento, para as partidas internacionais. Além disso, cada time é formado por 11 atletas, sendo 10 jogadores de linha e um goleiro. A duração de cada partida é de 90 minutos, sendo dois tempos de 45 minutos, com intervalo de 15 minutos entre eles (CBF, 2013).

O futebol é um dos esportes mais complexos e sua caracterização é bem difícil quando comparada a outros esportes coletivos, já que o sucesso dos atletas depende de vários fatores, tais como: técnico, físico, tático e mental. Esta modalidade é caracterizada como uma atividade física intermitente de alta intensidade e de longa duração. Durante a partida, a energia para as contrações musculares é fornecida predominantemente por meio da via oxidativa (aeróbia), por outro lado, naqueles momentos que os jogadores saltam, mudam de direção, giram, chutam ou correm em velocidades muito elevadas, parte da energia é fornecida também por meio de processos anaeróbios. Ou seja, o fornecimento de energia se alterna durante as partidas. Portanto, é necessário que o jogador de futebol desenvolva tanto sua capacidade aeróbia quanto anaeróbia. Além disso, os esforços de alta intensidade são seguidos por recuperação ativa ou passiva (BANGSBO; MOHR; KRUSTRUP, 2006; PACHECO *et al.*, 2012 ; STOLEN *et al.*, 2005). Um atleta de futebol de alto nível geralmente percorre entre 8-13 km por partida. A maior parte dessa distância é percorrida por meio de caminhadas e corridas de baixa intensidade e um percentual menor é percorrido em ações de alta intensidade

(STOLEN *et al.*, 2005). Mohr *et al.* (2003), mostraram, por meio de análise computadorizada, que jogadores internacionais de alto nível permanecem 40% da distância total em posição parada em pé, 20% em forma de trote, 17% de corrida e 1,5% em *sprint*, e o restante em saltos, desarmes e outros movimentos. O estudo de Di Salvo *et al.* (2006) corrobora com tais achados. Estes autores analisaram 20 jogos da Primeira Divisão do Campeonato Espanhol e 10 da *Champions League* em 2002/2003 e 2003/2004. A pesquisa mostrou que a distância total percorrida ficou entre 10-12 km, sendo que os meio campistas percorreram a maior distância. Dessa distância, apenas 875 metros foram percorridos em velocidades superiores a 19 km/h. Outra descoberta é de que somente entre 1,2% - 2,4% eram percorridas com a posse de bola, mostrando que o futebol depende de múltiplos fatores, como o aspecto tático e posição dos jogadores. Para determinar a demanda fisiológica do jogo, Coelho *et al.* (2011) analisaram 26 jogadores sub-17 e 18 jogadores sub-20 de um clube da primeira divisão do campeonato brasileiro. Foi monitorada a frequência cardíaca. Os resultados mostraram que a maior parte do jogo é disputada na faixa correspondente a 70 a 85% da frequência cardíaca máxima, mas este valor varia em função da posição do jogador. Por exemplo, os meio campistas permanecem mais tempo em uma faixa correspondente a 85% - 90% da frequência máxima. A alta intensidade de jogo só é possível devido aos longos períodos de recuperação (PACHECO *et al.*, 2012).

Nos últimos anos, o futebol vem sofrendo muitas mudanças na demanda física e fisiológica (ARLIANI *et al.*, 2011), tanto nos jogos, como em sessões de treinamento, o que têm aumentado o risco de lesões. Segundo Cohen *et al.* (1997), o aumento das exigências físicas obriga os atletas a jogarem perto dos seus limites físicos, e por isso o número de lesões pode ser maior. Apesar do grande avanço da tecnologia, da medicina esportiva e do conhecimento da fisiologia do futebol, há por outro lado, o excesso de jogos e treinamentos, que predispõe os atletas ao risco de lesões musculares e osteoarticulares. Um dos grandes desafios dos profissionais ligados ao alto rendimento no futebol têm sido, portanto, adequar as cargas de treinamento e recuperação no calendário esportivo. De acordo com dados do Bom Senso (2014), alguns dos principais clubes brasileiros podem jogar em 2015 em número absoluto de até 85 jogos no ano. Diante disso, o tempo para preparação dos clubes em pré-temporada pode ser insuficiente e inadequada para equipes de alto

rendimento e o acúmulo de jogos no ano acaba desfalcando clubes por lesão, prejudicando não só o espetáculo, como patrocinadores e os espectadores do esporte. Vários são os estudos sobre lesões do futebol (WALDÉN *et al.*, 2005; PEDRINELLI *et al.*, 2013; JUNGE; DVORAK, 2015). Um estudo realizado por Cohen *et al.* (1997), com 124 atletas de futebol de oito clubes do futebol brasileiro durante jogos oficiais, com objetivo de demonstrar a frequência de lesões no futebol brasileiro, mostrou que as lesões musculares estavam entre as mais presentes (39,2%). O estudo de Ikeda e Navega (2008), que analisou jogadores da Associação Desportiva São Caetano e o estudo de Batista *et al.* (2007), com a análise do Sport Clube do Recife, também encontraram altos índices de lesões musculares.

As lesões no futebol além de prejudicarem o desempenho dos clubes durante as competições, muitas vezes perdendo principais jogadores, astros da mídia e que levam torcedores aos estádios, acabam tendo grande prejuízo financeiro. Segundo dados passados pelo presidente do Coritiba Futebol Clube, em 2012, foram gastos 8,7 milhões de reais com jogadores no departamento médico considerando salários pagos durante a lesão e gastos do departamento médico, sem um minuto de jogo praticado pelos atletas lesionados (JUNIOR, 2013).

Sendo o futebol, um esporte com grandes ações excêntricas e sabendo que o maior risco de lesão ocorre nesse tipo de ação (GARRETT, 1996), prevenir lesões em atletas de futebol torna-se importante. Muitos são os meios de prevenção e detecção do nível de recuperação e estresse do atleta como: monitoramento adequado de cargas de treinamento, uso de métodos para acelerar a recuperação, marcadores bioquímicos: creatina quinase, lactato desidrogenase (LDH), mioglobina, cortisol, entre outros, e exames de imagem; tais como: termografia, ressonância magnética.

A creatina quinase (CK), é uma proteína dimérica globular que consiste em duas subunidades com uma massa molecular de 43 KDa. Além disso, é uma enzima que catalisa a reação reversível entre a fosfocreatina e o ADP, fornecendo energia para ressíntese de ATP. Existem pelo menos cinco isoformas da CK: três isoenzimas no citoplasma (CK-MM, CK-MB e CK-BB) e duas isoenzimas (não-sarcomérica e sarcomérica) em mitocôndria (BRANCACCIO *et al.*, 2007) . Após o exercício extenuante e principalmente excêntrico, danos no tecido muscular

esquelético ocorrem e a CK-MM, que se encontra na musculatura estriada extravasa, e sua concentração no plasma sanguíneo aumenta, vindo a ser utilizada como marcador de desgaste e lesão (BRANCACCIO *et al.*,2007; BRANCACCIO *et al.*,2010; MOUGIOS,2007).

A termografia é um método não invasivo, sem contato, indolor, sem radiação ionizante; inócua, e é utilizada para registrar padrões térmicos corporais, através de imagens que captam o calor irradiado pelo corpo (BANDEIRA *et al.*,2014; HILDEBRANDT *et al.*,2010; BRIOSCHI *et al.*,2005). Sabendo que a lesão muscular induz variação térmica local, mediada por processos inflamatórios os quais aumentam o fluxo sanguíneo, a imagem termográfica vem sendo usada para mensurar a magnitude dos danos decorrente da partida de futebol (PEAKE *et al.*, 2005).

Em virtude da grande demanda física e fisiológica do futebol atual, e a ocorrência de desequilíbrio entre estímulo e recuperação, o objetivo da presente revisão sistemática é verificar se a medida da concentração plasmática de creatina quinase e da análise termográfica são capazes de predizer o desgaste de jogadores de futebol após os treinos e jogos.

1.2 Objetivo geral

Verificar se a medida da concentração plasmática de creatina quinase da análise termográfica são capazes de predizer o desgaste de jogadores de futebol após os treinos e jogos.

1.3 Objetivos específicos

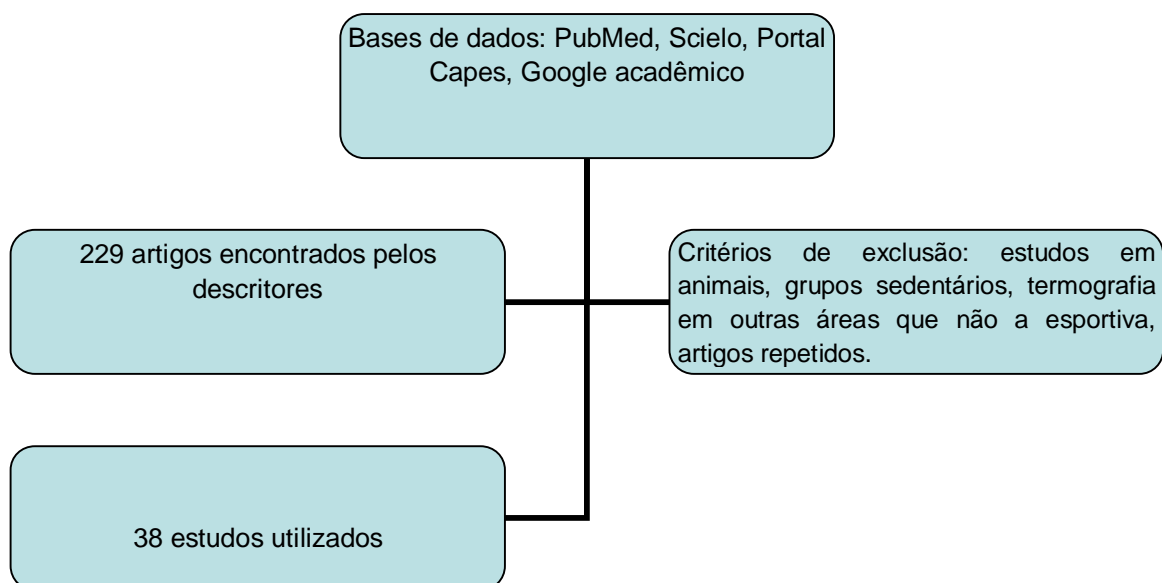
- 1) Verificar a relação entre a medida da concentração plasmática de creatina quinase e o nível de desgaste de jogadores de futebol após treinos e jogos.
- 2) Verificar a relação entre a análise termográfica e o nível de desgaste de jogadores de futebol após treinos e jogos.
- 3) Benefícios do uso conjunto da medida da CK e da análise termográfica para a verificação no nível de desgaste de jogadores de futebol.

2 MÉTODOS

Foi realizada uma busca de estudos, utilizando-se a base de dados da plataforma capes e pubmed, google acadêmico e scielo. Foram revisados publicações nos idiomas português, inglês e espanhol, entre o ano 1988 e 2015.

Foram selecionadas publicações que abordassem sobre a caracterização da modalidade futebol, lesões do futebol, micro traumas causadas por exercício, uso da creatina quinase no futebol, seja em relação à pré-temporada, temporada competitiva inteira ou após jogo e sessão de treinamento, uso das imagens termográficas no futebol e em esportes coletivos intermitentes de alta intensidade e com ênfase em membros inferiores. Foram excluídos estudos com animais (cavalos de corrida), grupos sedentários e uso de análise termográfica em áreas que não se relacionassem ao esporte, sendo este estudo focado no futebol de alto rendimento. Estudos repetidos também foram excluídos. Foram utilizados os descritores e palavras-chave: %termografia+, %recuperação+, %treinamento+, %creatina quinase+, %desempenho+, %dano muscular+, %futebol+. Combinando os termos futebol com os demais descritores citados acima, encontrou-se 229 estudos, dos quais foram selecionados, a partir da leitura dos resumos, 38 referências que foram utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

Figura 1- Fluxograma de seleção de artigos para revisão.



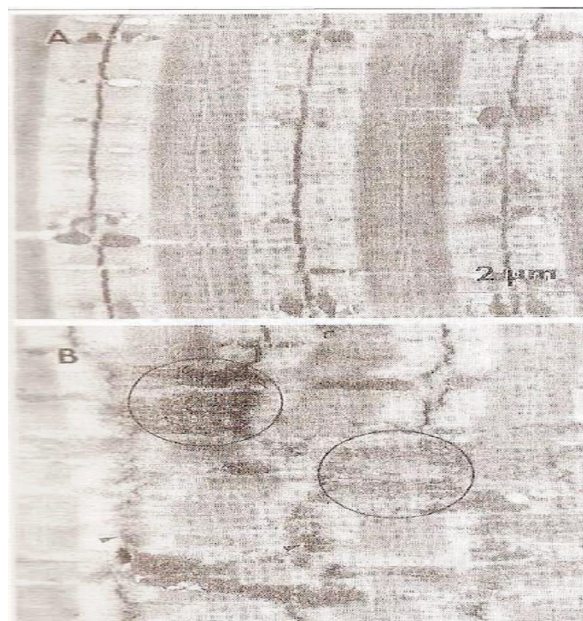
3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Relação entre a medida da concentração plasmática de creatina quinase e o nível de desgaste de jogadores de futebol após treinos e jogos.

O futebol é uma modalidade com altas intensidades de esforço nos treinamentos, assim como nos jogos, e o caráter excêntrico das contrações musculares dos atletas impõe grande sobrecarga ao tecido musculo-esquelético (COELHO *et al.*, 2008). Além disso, é comum durante as competições, que o atleta tenha um período de recuperação insuficiente, o que pode aumentar a incidência de danos musculares, impossibilitando a ocorrência do estado de supercompensação, gerando perda de força, dor, lesão, declínio de desempenho e *overtraining* (CLARKSON; HUBAL, 2002).

Segundo Tiidus (2008) e Friden e Lieber (1992), dano muscular é definido como perda da função muscular causada pela desorganização na estrutura das fibras musculares, muitas vezes associada a ruptura, alargamento ou prolongamento da linha Z, além do sarcolema e miofibrilas como mostrado na Figura 1.

FIGURA 2. Rompimento do sarcômero seguido de uma contração excêntrica. A . Sarcômeros de um músculo normal demonstrando um bom alinhamento e padrão regular das bandas. B- Sarcômeros de um músculo exposto a contração excêntrica demonstrando rompimentos na região do disco Z.



Fonte: TIDUS, 2008, p. 7)

Quando miofibrilas são alongadas dentro de uma fibra muscular, alguns sarcômeros são mais resistentes que outros. Como consequência, tem-se que os sarcômeros mais fracos absorvem mais o estiramento, e dependendo da relação comprimento-tensão, estes se tornam mais fracos até haver pouca ou nenhuma sobreposição entre os miofilamentos. Portanto, durante repetidas ações excêntricas, como as que vemos no futebol, os sarcômeros são muito sobrecarregados. A partir disso, o acoplamento excitação-contração é interrompido e cálcio (Ca^{2+}) se move livremente dentro do sarcoplasma, ativando vias relacionadas a degradação das fibras musculares e sua reparação. Todo este processo parece produzir os sintomas de lesão. Sendo assim, a membrana muscular com danos aumenta sua permeabilidade, permitindo assim a liberação de proteínas na circulação, através do sistema linfático, como a creatina quinase (CLARKSON; HUBAL, 2002; PEAKE *et al.*, 2005; FOSCHINI *et al.*, 2007).

Tal como mencionado anteriormente, a creatina quinase, a partir de agora denominada CK, encontra-se envolvida no processo de formação de novos ATP a partir da quebra da creatina fosfato, atuando como enzima catalisadora. As três principais isoformas da CK são: CK-BB (CK1), encontrada predominantemente no cérebro, CK-MB (CK2), predominantemente no miocárdio e CK-MM (CK3), predominantemente no musculo esquelético (BRANCACCIO *et al.*, 2007; FOSCHINI *et al.*, 2007). Apesar de a CK ser um bom marcador de danos musculares, há diferenças nas concentrações dependendo de idade, gênero, raça, massa muscular, nível de atividade física e condições climáticas (BRANCACCIO *et al.*, 2007; CLARKSON; HUBAL, 2002; FOSCHINI *et al.*, 2007). Ainda de acordo com Brancaccio *et al.* (2007), mulheres apresentam menores concentrações de CK do que homens, provavelmente pela proteção do estrogênio a membrana celular. Em relação a etnia, sujeitos negros apresentam maior concentração de CK do que brancos, pela maior massa muscular. Sujeitos com maior massa muscular apresentam maiores concentrações em repouso. Atletas, apesar de possuírem menor pico de CK em resposta ao exercício quando comparados com sedentários, apresentam maiores níveis de CK em repouso. A genética também pode influenciar a concentração de CK em função da maior presença dos diferentes perfis genéticos da alpha-actinina-3 (ACTN3) (PIMENTA *et al.*, 2011). Há ainda, de acordo com Totsuka *et al.* (2002) sujeitos podem ser muito responsivos (HR), ou pouco

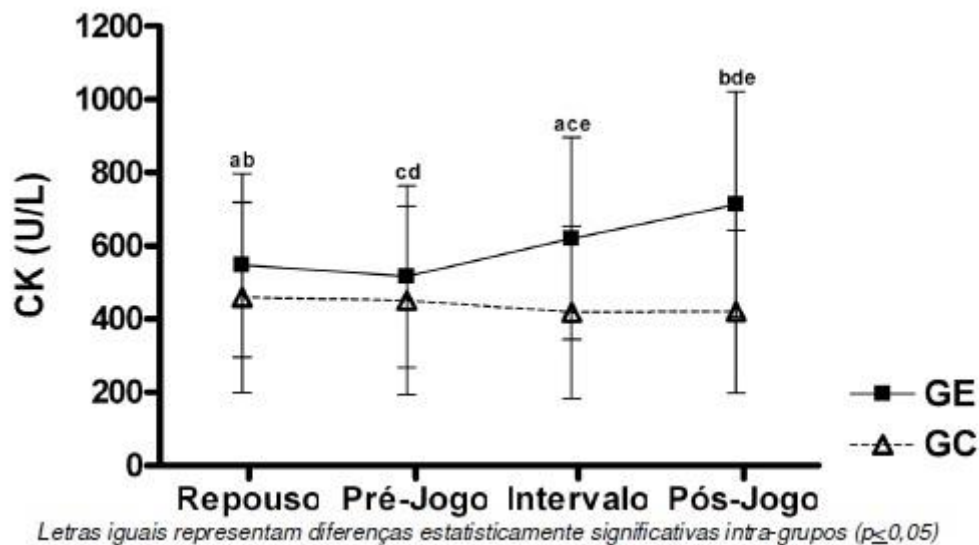
responsivos (LR) de acordo com o aumento dos níveis séricos de CK em resposta ao exercício.

Apesar da concentração de CK depender de muitos fatores, e por isso apresentar alta variabilidade, alguns pesquisadores já realizaram estudos que propõe limites superiores e inferiores das concentrações de CK (LAZARIM *et al.*, 2009 ; MOUGIOS, 2007). Segundo Mougios (2007), estabelecer valores de referência de CK para atletas, seria um auxílio na otimização do treinamento, maximizando as adaptações do treinamento e aumento de desempenho por contribuir no controle das cargas de treinamento. Cargas que excedessem o limite superior de referência poderiam sinalizar risco aumentado de esforço e lesão. Mougios (2007) analisou a concentração sérica de CK em 483 atletas masculinos e 245 atletas femininas, todos de clubes esportivos gregos, além de 237 sujeitos não atletas. Os resultados encontrados pelo autor foram: 82-1083 U/L para homens atletas e 47-503 U/L para mulheres atletas. Além desses achados, quando compararam jogadores de futebol com nadadores, valores de limite superior foram três vezes maior no futebol do que na natação (1492 vs 523 U/L). A grande variabilidade seria decorrente do treinamento e das diferentes demandas das modalidades. Lazarim *et al.* (2009) também realizaram um estudo com objetivo de analisar a distribuição da atividade de CK no plasma para determinar os limites superiores de jogadores de futebol que disputaram o campeonato brasileiro de 2001, com uma amostra de 128 sujeitos durante cinco meses de competição. Foram encontrados valores superiores no percentil de 97,5, de 1338 U/L e no percentil 90, de 975 U/L.

Existem muitos estudos focados nos efeitos fisiológicos e bioquímicos de um jogo de futebol ou sessão de treinamento, de uma pré-temporada ou de uma temporada competitiva. Fornaziero (2009) verificou os efeitos de um jogo de futebol sobre marcadores fisiológicos, bioquímicos e de desempenho. Com uma amostra de 16 jogadores juniores de futebol, de um clube que disputa o campeonato brasileiro, sendo 10 do grupo experimental e seis do grupo controle, foram feitas quatro coletas sanguíneas, sendo elas: repouso após jejum, antes do jogo, intervalo do jogo e imediatamente após o jogo. Além da CK, foram avaliados vários outros marcadores de danos musculares, como mioglobina, LDH, lactato, uréia, cortisol. A CK

apresentou aumentos significativos no grupo experimental nos momentos de intervalo e pós jogo em relação ao repouso e pré-jogo (Figura 3).

Figura 3. Comparativo da CK durante o jogo.

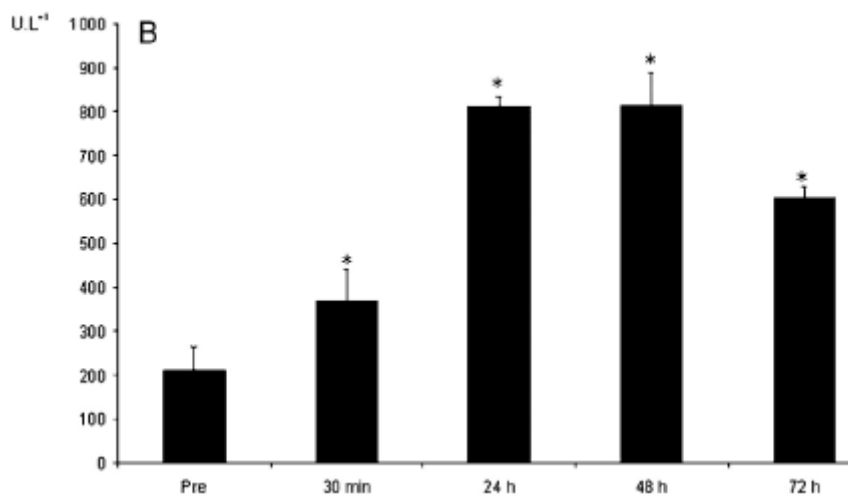


Fonte: Fornaziero (2009)

O autor destaca ainda que os valores encontrados após o jogo ($713,70 \pm 308$ U/L) não ultrapassaram os limites superiores propostos por Mougios (2007) e por Lazarim *et al.* (2009), mas que o grande desvio padrão entre os valores mostra que os sujeitos podem ser divididos em %alto respondentes+ ou %baixo respondentes+. O autor ainda mantém cautela sobre os valores encontrados, mas conclui que em seu estudo que a CK pode ser um bom marcador de lesão muscular proporcionado por um jogo de futebol e sugere um acompanhamento individual para acompanhar o *stress* causado pelo exercício. Bezerra *et al.* (2014), em uma amostra de 30 jogadores, 15 no grupo experimental e 15 no grupo controle e com duas amostras de sangue, sendo elas duas horas antes da partida e 24 horas após a partida, também encontraram resultados parecidos , com aumento significativo da CK total ($p=0,001$) e da CK-MB ($p=0,001$). O autor cita ainda que um jogador apresentou valor máximo de Ck total após o jogo de 257 U/L, mas que outro apresentava 1924 U/L, demonstrando mais uma vez a ampla variabilidade entre sujeitos.

Há também na literatura, estudos que avaliam os impactos de um jogo de futebol durante um tempo maior. Ascensão *et al.* (2008) analisou os efeitos de um jogo de futebol competitivo em 16 jogadores da segunda divisão, colhendo amostras sanguíneas no pré-jogo, 30 minutos após o jogo, 24 horas, 48 horas e 72 horas durante a recuperação dos atletas. Foi realizada também análises de força muscular de membro inferior, capacidade de *sprint* e dor muscular (DOMS), além de CK, mioglobina, e outras medidas para avaliar dano muscular. Houve redução no pico de torque do quadríceps e isquiotibiais e na capacidade de Sprint até as 72 horas de recuperação em relação ao pré-jogo. A dor muscular tardia também aumentou significativamente até 48 horas após o jogo. Em relação à CK, houveram aumentos significativos até 72 horas após o jogo em relação ao pré-jogo ($p < 0.05$) (Figura 3).

Figura 4- Níveis de CK antes, 30 minutos, 24,48 e 72 horas após o jogo de futebol.* vs pré ($p < 0.05$).



Adaptado de Ascensão *et al.* (2008).

Assim como Ascensão *et al.* (2008), Ispirlidis *et al.* (2008), também encontraram picos de CK após 48 horas após uma partida de futebol. Porém, este estudo observou e analisou seis dias de recuperação (144 horas) após um jogo de futebol em 24 atletas de elite. Foram encontrados resultados semelhantes com indução de dano muscular, através do aumento da CK com pico de 950 U/L, LDH e dor tardia, além da queda de desempenho anaeróbio por até 72 horas pós-jogo, conforme mostrado na Quadro 1.

Quadro 1- Alterações percentuais de marcadores inflamatórios e de desempenho ao longo do tempo no grupo experimental, após o jogo de futebol. *Mudanças significantes.

	Pós-jogo	1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia
CK	+154.3%*	+400%*	+710%*	+637%*	+358%*	---	---
DOMS	+610%*	+730%*	+560%*	---	---	---	---
Força muscular		. 8.8%*	. 12.7%*	. 7%*	---	---	---
LDH	+62.6%*	+169.6%*	+163.5%*	+90.5%*	---	---	---

Adaptado de Ispirlidis *et al.*(2008).

Sabendo da importância do treinamento no futebol e do controle de cargas do mesmo, há além de estudos que analisam os efeitos de apenas um jogo de futebol, os que avaliam o dano muscular após uma sessão de treinamento. Em 2012, Soares *et al.*, com uma amostra de 15 jogadores universitários, avaliou através de uma sessão anaeróbica intermitente (circuito) a resposta de CK em quatro diferentes momentos, sendo eles: antes do teste (AT) , após o teste (AP), duas horas após (2A), e quatro horas após (4A). Os resultados mostraram que houve aumento significativo dos níveis de CK total (CKt) e CK-MB na corrente sanguínea do AP, 2A e 4A em relação ao AT. Os valores de CKt variaram de 194U/L a 1025 U/L, o que está dentro dos valores referidos por Mougios (2007). Porém, Silva *et al.* (2008) não observaram alterações na atividade da CKt por um período de 12 semanas de treinamento, sendo coletas feitas no início, no meio (6ª semana) e no fim (12ª semana), onde eram realizados treinamentos específicos do futebol, como regenerativo, resistência aeróbica, velocidade, tático e técnico. Os autores atribuíram a não alteração ao fato de sua amostra ter 12 horas de recuperação (sem treinamento), antes das coletas sanguíneas, o que pode ter sido tempo suficiente para a recuperação.

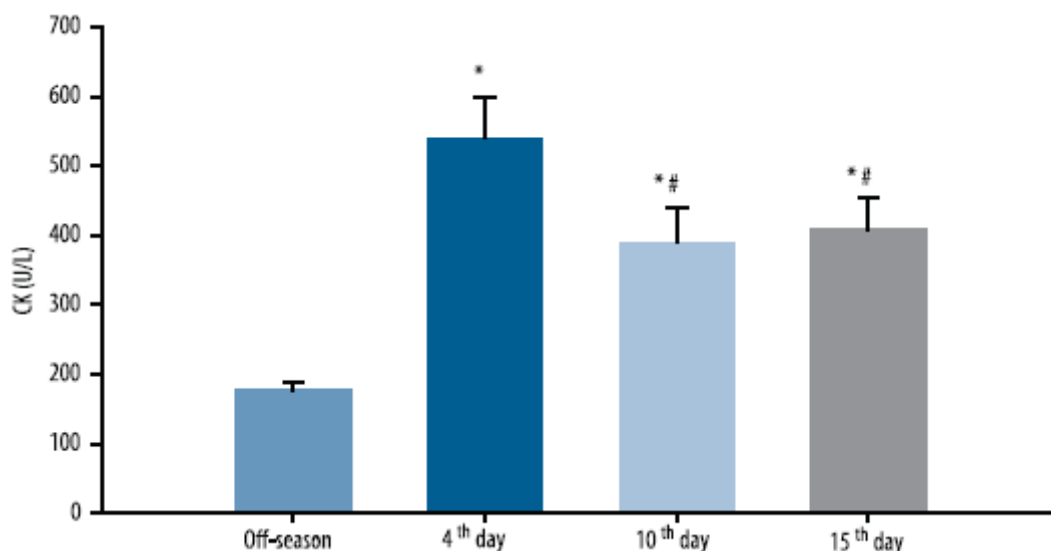
A pré-temporada é um período onde os atletas estão voltando das férias e por isso não se encontram em suas melhores condições físicas. É um momento em que os jogadores passam por testes físicos e são monitorados de perto pelos

profissionais do clube. Além disso, a carga de treinamentos é grande em relação ao curto tempo, a fim de que estejam aptos o mais rápido e melhor possível para o início da temporada competitiva. Pela importância do monitoramento dos atletas nesse período, alguns estudos têm por objetivo a análise dos marcadores nesta fase para o equilíbrio entre carga e recuperação. Santos *et al.* (2010) ao analisar uma pré-temporada do Grêmio Football Portoalegrense, clube da 1ª divisão brasileira procurou caracterizar esse período em cargas e medidas bioquímicas sanguíneas. Participaram do estudo os 37 jogadores presentes no plantel durante 31 dias de treinamentos, somando um total de 45 turnos de treinos e sete jogos. As medidas de CK foram feitas no início de pré-temporada e a cada três dias nas primeiras duas semanas e uma vez nas duas últimas semanas. Os resultados encontrados mostraram que esse período apresentou predominância de treinos de resistência aeróbia, e em relação aos níveis de CK houve um decréscimo no valor médio de início para o fim, demonstrando segundo os autores que houve melhora no condicionamento físico dos atletas e que os valores estavam dentro dos valores de referência utilizados para a área.

Em 2013, Guareschi *et al.*, também encontraram diminuição significativa nos valores de CK comparando-se o início e o fim da pré-temporada em uma equipe do interior de São Paulo. Os valores diminuíram de $356,96 \pm 189,70$ U/L do pré, para $178,78 \pm 167,97$ U/L no pós. Estes autores concluem que uma pré-temporada ideal tem eficácia na diminuição dos valores plasmáticos de CK, o que pode reduzir o risco de lesões musculares durante uma competição e atribuem o decréscimo, a uma adaptação do músculo esquelético ao estresse fisiológico dos treinamentos. Coelho *et al.* (2014), também observaram um decréscimo próximo ao final da pré-temporada, atribuindo ao "efeito de cargas repetidas". Segundo McHugh *et al.* (1999), o chamado "efeito de cargas repetidas" seria um efeito protetor criado por uma adaptação ao exercício realizado por várias vezes. Esta adaptação reduz os danos musculares provocados pelo estresse, e conseqüentemente, diminui a dor muscular e ao extravasamento de proteínas no sangue, como a CK, ao estímulo semelhante. Existem três hipóteses que explicam essa adaptação: teoria neural, correspondendo ao aumento de unidades motoras, aumento do sincronismo de unidades motoras e aumento do recrutamento de fibras musculares lentas. Há também a teoria do tecido conectivo, em que o aumento da capacidade de resistir à

carga de exercícios pelas estruturas passivas, responsáveis por manter a integridade dos sarcômeros, diminuiria o dano. E por último, a teoria celular, onde haveria um fortalecimento das membranas celulares, remoção de fibras mais fracas e acréscimo longitudinal dos sarcômeros (MCHUGH et al. 1999). Coelho *et al.* (2014), realizaram o estudo na pré-temporada de 31 atletas de um grande clube brasileiro, coletando amostras de sangue em quatro pontos distintos: antes do início da pré-temporada (M1), 4 dias após (M2), 10 dias após (M3) e 15 dias após (M4), que correspondia a um dia antes do 1º jogo competitivo da temporada. Houve aumento significativo de CK no M2, M3, M4 em relação ao M1, porém observou-se que o pico de CK ocorreu no 4º dia de treinamentos, o que os autores atribuíram ao grande volume de exercícios gerais nessa fase inicial, como o treino de força, como causa do aumento no M2, conforme figura 4. Além da redução nos níveis de CK observados no M3, já citado anteriormente, destacou-se que todos os jogadores participantes estavam dentro dos valores de referência no M4, um dia antes do jogo, propostos para jogadores brasileiros de Lazarim *et al.* (2009).

Figura 5 . Níveis de creatina quinase (CK) plasmática durante pré-temporada.*Indica diferença em relação ao off-season. # Indica diferença em relação ao quarto dia de pré-temporada. P<0,05.



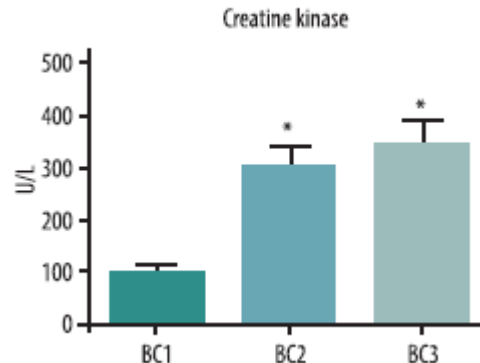
Fonte: Coelho *et al.* (2013).

Após o período de pré-temporada ser elucidado acima, os atletas já deveriam estar fisicamente preparados para o início das competições de futebol. Nesse momento, atletas geralmente têm muito estresse físico, devido ao grande número de

jogos e pouca recuperação devido ao curto prazo entre jogos, treinamentos e repouso. Diante disso, encontram-se também estudos longitudinais, que acompanham a atividade sérica da CK durante a temporada competitiva.

Em 2015, Coelho *et al.* avaliaram, por meio de biomarcadores sanguíneos, a demanda crônica de uma temporada competitiva de futebol profissional, de 10 jogadores de um clube da primeira divisão brasileira. Foram analisadas as amostras sanguíneas em três momentos distintos: dia anterior da pré-temporada (C1), fim da pré-temporada e início da competição (C2) e fim do ano competitivo (C3). No total foram 50 partidas disputadas pelos jogadores, além de treinamentos seis vezes por semana de aproximadamente 90 minutos. Os autores tiveram como resultado o aumento significativo de C2 (298,1 U/L) e C3 (347,8 U/L) comparado a C1 (102,3 U/L), conforme mostrado na figura abaixo.

Figura 6 . Valores de creatina quinase (CK) ao longo da temporada anual.* Diferenças significativas em relação ao BC1.



Adaptado de Coelho *et al.* 2015.

Portanto, nesse estudo os esforços acumulados e sucessivos de treinamento e jogos do campeonato, foram responsáveis pelo aumento significativo dos níveis de CK, principalmente no último momento, que corresponde a um dia antes do último jogo do campeonato.

No entanto, não há consenso sobre o aumento de CK durante uma temporada anual. Zoppi *et al.* (2003), analisando 21 atletas de futebol da Associação Atlética Ponte Preta da categoria Sub-20, a partir do término do período preparatório

e início do campeonato até a eliminação nas semifinais do campeonato, não encontrou variação significativa ao longo do campeonato, apesar de uma grande variabilidade entre os jogadores. Alves *et al.* (2015), também não encontraram dano muscular elevado em análise individual de atletas durante 3 momentos do campeonato brasileiro de futebol (início, meio e fim). Estes autores argumentam ser por uma adaptação muscular dos atletas, advinda de uma redução dos níveis de CK.

Por fim, apesar de se ter na literatura muitos pesquisadores que encontraram picos de CK após 48 horas de recuperação (ASCENÇÃO *et al.*, 2008; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008), também não há um consenso exato desse argumento. Coelho *et al.* (2011), analisaram 17 jogadores de alto nível de um clube brasileiro, através de aproximadamente 425 análises de CK no estudo e nos três meses finais do campeonato brasileiro, a cinética da CK em 5 momentos de tempo diferentes. Os picos de CK foram encontrados no 1º momento (12-20 horas) e a rotina de treinamentos parece ter influenciado na cinética da CK durante uma temporada competitiva (Tabela 1).

Tabela 1-Concentração de CK em diferentes fases após os jogos. Valores em média e desvio-padrão. Unidade (U/L).

Fases	Pré	Pós-1	Pós-2	Pós-3	Pós-4
X e EP	192,1 ± 23,0	785,8 ± 95,5*	388,2 ± 37,8* ‡	299,1 ± 30,5***†	317,0 ± 37,7***†
Min	23,0	95,5	37,8	30,5	197,0
Máx	497,0	1.580,0	748,5	594,5	654,0

Fonte: Adaptado de Coelho et al.(2011)

Apesar de não haver consenso em alguns dados obtidos em diferentes estudos, todos os autores dos artigos citados concordam que o uso da CK como monitoramento de cargas de treino e marcador de dano muscular é um bom método de utilização para profissionais do futebol.

3.1.1 Valores de referência e variabilidade da CK

Os valores de referência são usados por alguns fisiologistas para desenvolver planos de monitoramento das cargas de treino e aperfeiçoar a recuperação do atleta, sejam elas após um jogo, um período de treinamentos ou uma temporada competitiva. Porém, analisando os resultados descritos acima e considerando a existência de sujeitos %alto respondentes+e %baixo respondentes+(TOTSUKA et al. 2002) ao estresse provocado pelo exercício, além da grande variabilidade das

concentrações de CK apresentada nos estudos, sugere-se que fisiologistas busquem avaliar os atletas de maneira individualizada. Seria adequado medir a concentração de CK na pré-temporada, quando o jogador está voltando das férias ou após a primeira partida da temporada. A partir desse valor, o fisiologista poderá comparar os valores normais do atleta em repouso com valores pós-jogo. Valores elevados de CK sugerem que o jogador está chegando em alto nível de desgaste físico e a lesão poderá ocorrer no próximo jogo ou mesmo no treinamento.

Tabela 2 . Variabilidade da CK em jogadores de futebol.

Estudo	Ano	Amostra	Variabilidade de CK
Bezerra et al	2014	30 atletas / Brasil	1º atleta = CK máxima = 257 U/L 2º atleta = CK máxima = 1924 U/L
Soares et al	2012	15 atletas / Brasil	Variação de 149 U/L até 1009 U/L logo após treino
Fornaziero	2009	16 atletas / Brasil	Coeficiente de variação de 43,18 % no GE pós-jogo
Guareschi et al	2013	14 atletas/ Brasil	Coeficiente de variação de 53,14 % no pré-jogo
Abreu e Fernandes	2015	12 atletas / Brasil	Coeficiente de variação de 51,8 %no pós-jogo
Zoppi et al	2003	21 atletas / Brasil	Cita grande variabilidade entre os sujeitos

Tabela 3 - Valores de referência em atletas.

Estudo	Ano	Amostra	Limite inferior	Limite superior
Da Silva et al	2012	82 atletas / Brasil	----	Homens . 1616 U/L
Mougios	2007	728 atletas / Grécia	Homens . 82 U/L Mulheres- 47 U/L	Homens- 1083 U/L Mulheres- 503 U/L
Lazarim et al	2007	128 atletas / Brasil	-----	Homens 1338 U/L

3.1.2 Pré-temporada

Em relação à pré-temporada, a partir dos estudos aqui citados, podemos perceber que esse período de treinamentos induz aumento da CK em virtude do treinamento que foi iniciado. Este aumento é esperado, pois os atletas voltam das férias sem exercício físico. Nessa fase, a concentração de CK diminui a cada sessão, alcançando valores bem mais baixos no início do campeonato quando comparados com os valores medidos na volta de férias. Esta resposta pode estar associada ao efeito de cargas repetidas.

Tabela 4. Pré-temporada e CK

Estudo	Ano	Amostra	Tempo de treino	Variação de CK
Proia <i>et al.</i>	2011	8 atletas	3 semanas	Valor inicial = 429 U/L Valor final = 233 U/L
Coelho <i>et al.</i>	2014	31 atletas	15 dias	Apresentou valores iniciais maiores em relação a férias, mas valores reduzidos ao fim da pré-temporada.
Guareschi <i>et al.</i>	2013	14 atletas	3 meses	Valor inicial = 356 U/L Valor final = 178 U/L
Freitas <i>et al.</i>	2014	8 atletas	21 dias	Houve aumentos em relação às férias e carga de treino, mas redução ao final do período preparatório.
Santos <i>et al.</i>	2010	37 atletas	31 dias	Valor médio no 10º dia = 1123 U/L Valor médio no 20º dia = 448 U/L

3.1.3 Pico de CK

Coelho *et al.* (2015), encontraram picos de CK entre 12-20 horas após o jogo. Por outro lado, Ispirlidis *et al.* (2008), Ascensão *et al.* (2008) e Brancaccio (2007), encontraram tal pico 48 horas após a partida, portanto, esse parece ser o tempo mais adequado para realizar as medidas de CK nos atletas de futebol. Brancaccio *et al.* (2006), relatam ainda que os níveis de CK podem continuar aumentando em até 72 horas após o exercício. Mas como se sabe que na prática, às vezes torna-se difícil seguir essas teorias. Por isso, o espaço de tempo entre a partida e a coleta de sangue vai variar de acordo com o planejamento do clube. Apesar de alguns estudos medirem a concentração de CK logo após o jogo de futebol, é provável que esta medida reflita apenas o efeito agudo do estresse imposto pelo exercício e aumento da permeabilidade da membrana celular.

3.1.4 Temporada competitiva e CK

Tabela 4 . Temporada competitiva e CK

Estudo	Ano	Amostra	Comportamento da CK
Coelho <i>et al.</i>	2015	10 atletas/ 1ª divisão brasileira	Início da competição = 298,1 U/L Fim da competição = 347,8 U/L
Zoppi <i>et al.</i>	2003	21 atletas / Clube brasileiro Sub-20	Não encontraram diferenças significativas entre início da competição e término do mesmo.
Alves <i>et al.</i>	2015	17 atletas/ 1ª divisão brasileira	Não encontraram elevado dano muscular durante o campeonato / Adaptação dos atletas

Uma temporada competitiva de futebol impõe grande estresse ao atleta de futebol, em virtude de muitos jogos em curto espaço de tempo. Alves *et al.*, (2015) mostram que esses estímulos em uma temporada anual competitiva são percebidos através do monitoramento da CK, no qual no fim da temporada são atingidos altos níveis de CK. Por outro lado, existem poucos estudos que corroboram com essa

idéia. Ainda sim, os clubes têm grande preocupação com o desgaste dos atletas. Nessa direção alguns estudos não mostraram diferenças significativas entre o início e o final da temporada, e os autores atribuem isso a uma adaptação dos atletas, que parecem ficar mais resistentes à carga de treino e jogos.

3.2 Verificar a relação entre a análise termográfica e o nível de estresse de jogadores de futebol após treinos e jogos.

Há séculos atrás, Hipócrates afirmou que %a quando uma parte do corpo é mais quente ou mais fria do que o restante, então a doença está presente nesta parte; ao observar o calor com o dorso da mão e confirmando esfregando lama ao corpo, olhando onde secava e endurecia mais rápido. Assim, surgiram os primeiros princípios da termografia (BERZ e SAUER, 2007; HILDEBRANT *et al.*, 2010). Após isso, diversos instrumentos foram desenvolvidos para mensurar as oscilações de temperatura corporal, como o termômetro de mercúrio de Boullian em 1659 e a primeira termografia representada em papel por Herschel. Após a Segunda Guerra Mundial, a radiação infravermelha passou a ser usada exclusivamente em uso militar. A partir desse momento, os equipamentos foram ficando cada vez melhores em termos de sensibilidade, resolução de imagem e processamento de imagem. Apesar disso, o uso inapropriado da tecnologia, erros de interpretação de termogramas e falta de entendimentos dos equipamentos, levaram a muitos médicos desacreditarem da termografia, mas foram introduzidos na parte industrial, criando isotermas coloridos. Enfim, os médicos voltaram os olhos para esse método. O que era em 1980, uma termografia por contato, de baixa resolução e com resultados subjetivos, foram substituídos por sistemas modernos computadorizados, de alta resolução no final dos anos 90 (BERZ e SAUER, 2007; BRIOSCHI, 2005 HILDEBRANT *et al.*,2010).

A termografia é uma técnica não invasiva que permite a distância e sem contato, sem contraste e totalmente indolor, registrar gradientes e padrões térmicos corporais, medindo a radiação térmica (calor) emitida pelo corpo ou partes deste, podendo, portanto, ser utilizada para diagnóstico de lesões causadas pelo treinamento (BANDEIRA *et al.*, 2014 ; BRIOSCHI , 2005).

Micro traumas causados pelo exercício também promovem um processo inflamatório que se caracteriza como a defesa do organismo frente a um agente agressor, neste caso os treinamentos e partidas de futebol, para reparação do tecido muscular danificado. A partir do dano muscular, ocorre o influxo de células inflamatórias até o local lesionado. Geralmente, dentro do primeiro dia após o exercício, os neutrófilos são a primeira subpopulação de leucócitos a migrar até o tecido lesionado para ação aguda e com objetivo de remoção de elementos indesejáveis relacionados à lesão tecidual. Os macrófagos formam a segunda subpopulação a migrar para o local, através da corrente sanguínea. Estes exercem função importante no reparo do tecido lesado. Além destes citados, existem várias citocinas pró-inflamatórias e anti-inflamatórias, linfócitos, células satélites e EROS (espécies reativas de oxigênio). Ou seja, a partir do dano muscular, várias substâncias migram para o tecido muscular lesionado, podendo manter um processo inflamatório por vários dias, dependendo do nível de dano muscular (DA SILVA e MACEDO, 2011; PEAKE *et al.*, 2005).

A temperatura corporal é controlada por mecanismos de retroalimentação mediados por uma área no cérebro denominada hipotálamo. Assim, sempre que há uma diferença de temperatura entre corpos, ocorre transferência de calor. Os mecanismos físicos que transferem energia térmica do corpo são: condução, convecção, radiação e evaporação. Nos três primeiros só ocorre transferência de calor se existir gradiente de temperatura entre a pele e o ambiente. A perda por radiação ocorre por meio da emissão de raios infravermelhos. Em repouso com temperatura ambiente mantida em 21°, 60% da perda de calor ocorre por meio da radiação. Se a temperatura ambiente for superior à temperatura corporal, o organismo passa a ganhar calor por radiação. Isso ocorre em dias muito quentes, quando as temperaturas da superfície são maiores que a da pele (BRIOSCHI *et al.*, 2005; NEVES e REIS, 2014; POWERS e HOWLEY, 2000).

Diante disso, pode-se esperar que as alterações térmicas induzidas pela modulação do metabolismo podem ser percebidas por meio de alterações na temperatura cutânea. Os conhecimentos acima descritos são a base científica para a construção de um aparato tecnológico capaz de perceber alterações da temperatura interna do corpo a partir da captação de ondas eletromagnéticas, a câmara termográfica. Como o fluxo sanguíneo aumenta no local que houve lesão

tecidual e há a migração de células imunes para a região dos micros traumas, um processo inflamatório instala-se. Tal processo induz aumento da temperatura local e conseqüentemente aumento da temperatura da pele e maior emissão de ondas eletromagnéticas. Por fim, essas ondas são captadas pela câmera termográfica, resultando em um meio de inferir o grau de lesão tecidual que um determinado esforço físico gerou.

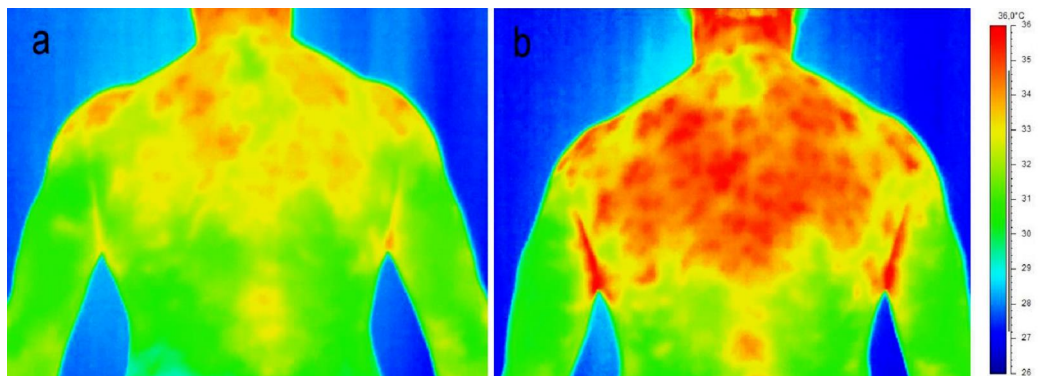
Alguns cuidados devem estar presentes na hora da avaliação termográfica do atleta. Carmona (2012) separa em três grandes grupos de variáveis que influenciam na interpretação e aquisição de imagens termográficas: fatores naturais, artificiais e desportivos. Fatores naturais, basicamente, envolveriam a temperatura ambiente e umidade relativa do ar no ambiente de coleta, além da influência do ritmo circadiano. De acordo com Neves e Reis (2014), uma sala de avaliação deveria ter pouca variação de temperatura e recomenda ainda que a temperatura esteja em torno de 24 ° C. Os fatores artificiais citados por Carmona seriam as variáveis de ingestão. Consumo de álcool, café e tabaco não são recomendados horas antes da avaliação, pois interferem no fluxo sanguíneo e conseqüentemente na radiação emitida pela pele. Além destes, alguns medicamentos (calmantes, anti-inflamatórios) interferem na avaliação e recomenda-se falar previamente ao profissional que está realizando a avaliação termográfica. Variáveis de aplicação na pele também podem exercer influencia na avaliação, como: cosméticos, cremes e gel para pele, pois podem distorcer a radiação emitida pela pele. Neves e Reis citam também que os sujeitos avaliados evitem expor-se a banhos muito gelados ou muito quentes por pelo menos duas horas antes do exame, não pressionar, apalpar e esfregar a pele e não estarem suando durante a avaliação. Como fatores desportivos, Carmona cita a influencia de um exercício físico se realizado de 4 a 6 horas antes do exame, já que se sabe que o exercício causa aumento na maioria dos casos da temperatura da pele. Além deste, deve-se levar em conta a especificidade do esporte em questão. No presente trabalho com temática da modalidade futebol, o atleta utiliza mais os membros inferiores do que membros superiores. Além disso, a posição do atleta precisa ser levada em questão. É inadequado comparar uma avaliação de um goleiro com a de um jogador de linha. A lateralidade do atleta ou lado dominante precisa ser lembrada na interpretação dos resultados da termografia. É possível que existam desequilíbrios musculares entre o lado esquerdo e direito dos membros

inferiores, ou até mesmo uma característica do atleta, já que um determinado atleta pode ter mais facilidade em realizar giros durante o jogo para o lado dominante e por isso sobrecarregar mais aquele lado do corpo. Por último e de muita importância, a recuperação do atleta é uma variável essencial. Estudos dizem que aproximadamente quatro horas após uma sessão de treinamento, o efeito térmico é pouco percebido. Porém em situações de pouco descanso, o aumento da temperatura da pele pode durar por mais tempo e influenciar no exame. Destacando que, o efeito térmico proporcionado por um exercício que foi agora citado, é diferente de um processo inflamatório devido à micro traumas e lesões do tecido musculoesquelético.

Por ser um método que recentemente passou a ser usado no meio esportivo, ainda são poucos os estudos de campo relacionando a avaliação termográfica e o exercício físico. Ainda assim, foram encontrados quatro estudos, sendo três deles com atletas de futebol e outro com atletas de rugby, que será considerado no presente trabalho, devido ser uma modalidade intermitente de alta intensidade e grande utilização de membros inferiores.

Bandeira *et al.* (2014), realizaram um estudo com objetivo de analisar a correlação entre a variação de temperatura da pele e a variação da CK, em dois momentos diferentes e dessa forma avaliar a utilização da termografia como método de apoio ao diagnóstico de lesões musculares. A amostra era composta por 21 atletas de rugby do sexo masculino, pertencentes à categoria adulta de um clube profissional de nível nacional e pertencente à Confederação Brasileira de Rugby. Os atletas foram avaliados em dois momentos distintos: o primeiro correspondente a 48 horas após um treino, e o segundo 48 horas após uma partida. Como a proposta da análise seria tentar encontrar correlação entre o aumento da CK e o aumento na temperatura, os autores citaram um exemplo do estudo, conforme figura abaixo.

Figura 7- 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).



Adaptado de Bandeira *et al.*(2014)

Os membros superiores avaliados no estudo foram: latíssimo dorsal, trapézio, deltoide e peitoral. Em relação aos membros inferiores avaliados no estudo estavam: reto femoral, vasto medial, semitendíneo, bíceps femoral e gastrocnêmio. Os resultados apresentados em relação aos 21 sujeitos demonstraram nesse estudo não haver correlação significativa ($p < 0,05$) entre a variação do nível sérico de CK dos momentos de menor e maior concentração e a variação de temperatura média de todos os músculos analisados. Os autores creditaram o resultado ao não controle da rotina de treinos e recuperação dos atletas e da variabilidade individual da CK entre os sujeitos e o momento que atinge seu pico. Outro possível fator de influência poderia ser que o atleta estivesse apresentando lesão em algum musculo não avaliado no estudo. Apesar de não encontrar correlação, percebeu-se uma tendência no aumento da temperatura quando há uma variação positiva da CK, o que corrobora com a literatura, em que o dano muscular eleva a temperatura da pele e o nível de CK sérico. Porém, os autores também fizeram uma análise considerando apenas os atletas que apresentaram variação de CK maior que 50% entre os momentos de menor e maior concentração sérica de CK ($n=7$). Os músculos peitoral esquerdo, reto femoral esquerdo e semitendíneo esquerdo apresentaram as maiores diferenças ($p = 0,037, 0,057$ e $0,045$, respectivamente (TABELA 5).

Tabela 5 - Significância entre a temperatura média da área selecionados músculos analisados nos momentos de menor e maior CK. * $p < 0,05$

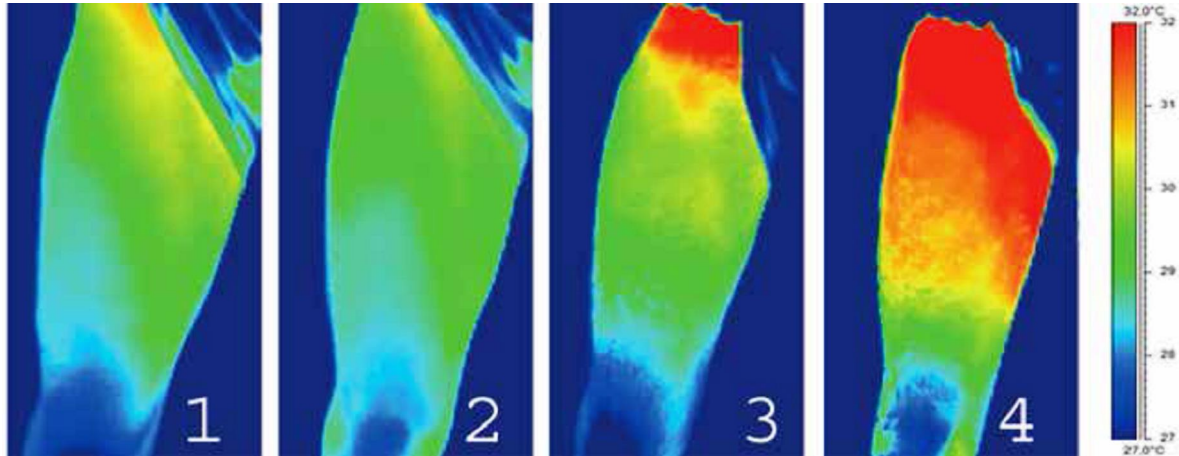
Variáveis	Temperatura	Valor p
Peitoral esquerdo - momento de menor CK	31,33	0,037*
Peitoral esquerdo . momento de maior CK	32,16	
Semitendíneo esquerdo . momento de menor CK	30,43	0,045*
Semitendíneo esquerdo . momento de maior CK	31,00	
Reto femoral esquerdo . momento de menor CK	29,77	0,057
Reto femoral esquerdo . momento de maior CK	30,47	

Adaptado de Bandeira *et al.* (2014)

Como conclusão os autores perceberam que há uma tendência de que o aumento da CK é acompanhado pelo aumento da temperatura, mas que apesar da tendência em confirmar 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. Além disso, foi possível encontrar nos sujeitos diferenças maiores que $0,6^{\circ}$ C entre os momentos de maior e menor concentração sérica de CK e por assimetrias corporais, o que sugerem lesão muscular.

Outro estudo de Bandeira *et al.* (2012) ,verificou a possibilidade da utilização da termografia no diagnostico de lesões causadas pelo treinamento físico, através de 18 atletas de uma equipe juvenil do Paraná Clube. Os atletas foram divididos em dois grupos: grupo experimental e grupo controle. O grupo experimental participou de uma sessão de treinamento de alta intensidade, composta por três exercícios de musculação a 80% da carga máxima (agachamento, rack e mesa extensora). O grupo controle participou de uma sessão de corrida continua de baixa intensidade a 50 - 60% da FC máxima. A imagem termográfica do quadríceps femoral (adutor longo, reto femoral e vasto medial) de cada atleta foi realizada antes e após 24 horas após do treinamento, assim como a coleta sanguínea para avaliar a CK e o LDH. Houve medição também das dobras cutâneas. Como resultados, a figura 7 demonstra a comparação de uma imagem termográfica entre um sujeito do grupo controle e outro do grupo experimental. Percebe-se a diferença de temperatura causada pelo exercício entre os grupos.

Figura 8 - Comparação de imagem térmica pré-treino e 24h pós-treino. (1) Sujeito do grupo controle, pré-treino; (2) sujeito do grupo controle, 24h pós-treino; (3) sujeito do grupo experimental, pré-treino; e (4) sujeito do grupo experimental, 24h pós-treino.



Adaptado de Bandeira *et al.* (2012).

Além disso, o autor comenta a ampla variabilidade de CK entre os atletas e a correlação positiva entre a CK e o LDH. Não foi encontrada correlação entre a diferença na temperatura e os valores de concentração de CK. No entanto, foi encontrada uma diferença significativa no gradiente de temperatura muscular (temperatura 24h após treino . temperatura antes do treino) entre os grupos controle e experimental. O estudo mostrou também que a temperatura superficial da pele correlacionou-se inversamente a espessura da dobra cutânea da coxa, corroborando a informação de que a gordura subcutânea proporciona um bom isolamento térmico para o fluxo de calor, que pode influenciar na avaliação termográfica. Mas no estudo de Bandeira *et al.* (2012), foi possível visualizar as diferenças entre os grupos.

Carmona (2012) é outro autor que teve como foco o uso da imagem termográfica em equipe de futebol. Seu estudo teve como objetivos fazer uma análise descritiva das lesões ocorridas na pré-temporada do ano de 2008 e 2009, de um clube de futebol profissional da Espanha. Além disso, obter características térmicas do membro inferior dos atletas. O objetivo principal foi analisar efeitos de um protocolo de prevenção de lesões, baseado em informações adquiridas através da avaliação termográfica. Portanto, somente em 2009 foi usado a termografia para monitorar o desgaste dos atletas, enquanto em 2008 eles só afastavam os atletas se caso eles sentissem dor ou cansaço em alguma zona corporal. A amostra consistia em 33 atletas no total, sendo que em 2008 a equipe era composta por 24

atletas. Destes 24 jogadores, 15 também estavam presentes na pré-temporada de 2009, e mais nove foram incorporados ao plantel, totalizando 24 atletas também na pré-temporada de 2009. Variáveis como: idade, altura, peso, locais de treinamento, tempo de treinamento e jogos, raça, posição dos jogadores foram bem similares comparando 2008 com 2009, para manter a amostra parecida. Em relação às avaliações termográficas que tinham o objetivo de quantificar a assimilação de carga do exercício pelos atletas, eram realizadas todos os dias às nove horas da manhã, período que compreendia o horário antecedente a um treinamento e que correspondia a um intervalo de mais de seis horas de diferença para o último exercício, para não haver influência nos resultados. Caso algum desequilíbrio térmico ou assimetria de mais de $0,3^{\circ}$ C em alguma zona corporal de maneira repetida fosse percebida, o atleta fazia parte do protocolo de prevenção. Eram feitas duas fotografias termográficas de cada atleta, sendo uma da região abdominal e da parte anterior dos membros inferiores, e a segunda da região lombar e da parte posterior dos membros inferiores.

Os resultados demonstraram que o uso de um protocolo de prevenção de lesões, neste caso da termografia, pode ter sido o principal influenciador na diminuição significativa do número de lesões (60%) como mostrado na tabela abaixo, adaptada de Carmona (2012). Cabe destacar que a gravidade das lesões também reduziu em 2009, com predominância das leves. Além disso, as lesões de músculo posterior diminuíram de 3 para 0, de 2008 e 2009 respectivamente.

Tabela 6 . Comparação entre pré-temporadas de 2008 e 2009, em relação às lesões.

Variáveis	Pré-temporada 2008	Pré-temporada 2009
Número total de lesões	15	6
Percentual de lesão da equipe	45,8 %	20,8%
Incidência de lesão (les/1000h)	8,3	3,4
Lesões musculares	8 (53,3% do total)	2 (33,3% do total)

Lesões por sobrecarga do tipo
muscular

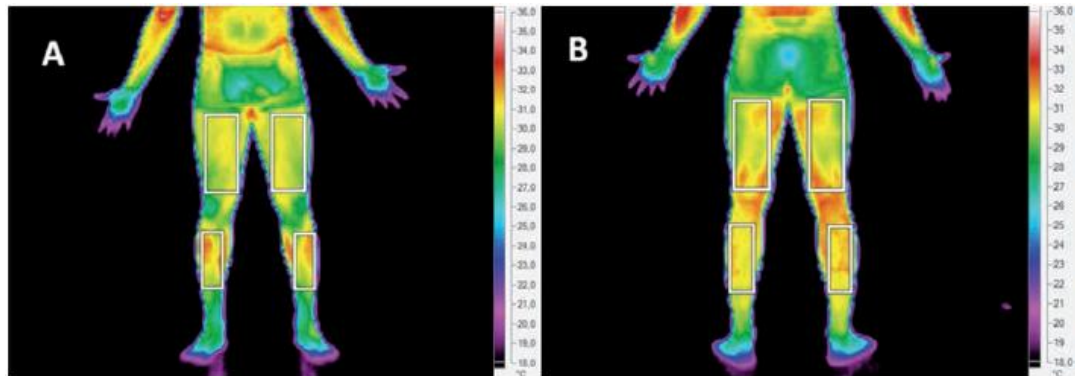
6

3

Em relação às avaliações termográficas, foram feitas 731 imagens no total, em 2009. Na estimativa das médias das temperaturas máximas, encontraram-se valores superiores na região lombar ($34,26 \pm 0,5^\circ\text{C}$), já que é a região do epicentro do corpo, seguida da zona poplíteia ($33,88 \pm 0,63^\circ\text{C}$). Os valores inferiores à média foram encontrados nos tornozelos ($32,50 \pm 0,5^\circ\text{C}$). Na análise térmica por lateralidade, observou-se que os atletas mantêm equilíbrio e simetria térmica entre a zona corporal direita e esquerda, com pequenas diferenças ($0,01^\circ\text{C}$ a $0,11^\circ\text{C}$). Apenas os joelhos foram exceção, com variação significativa de $0,19^\circ\text{C}$. Outra análise feita foi a observação de existência ou não de diferenças de temperatura entre a perna dominante e a não dominante. Não foram encontradas diferenças significativas entre a perna dominante e a não dominante dos atletas, mas observou-se que os maiores valores de temperatura estavam presentes na perna dominante. O autor conclui que a avaliação termográfica foi benéfica como um protocolo de prevenção de lesão e melhora de recuperação para os atletas da amostra. Diante dos resultados observados, a diminuição da frequência de lesões e da simetria ou equilíbrio térmico dos atletas, mostra que estavam assimilando bem as cargas de treino na pré-temporada de 2009.

Marins *et al.* (2014), buscou estabelecer perfis termográficos dos membros inferiores de jovens atletas de futebol, para servir de ponto de partida em futuras aplicações da termografia no futebol. Para isso, foram feitas análises termográficas em 100 atletas da categoria de base de um clube brasileiro da 1ª divisão. Eram feitos dois termogramas de cada atleta (anterior e posterior) com análise da coxa e da perna, como demonstrado na figura 8.

Figura 9 . Termogramas do membro inferior vista anterior e posterior e regiões de interesse.



Adaptado de Marins *et al.* (2014).

O principal resultado encontrado no estudo foi a simetria térmica entre os lados esquerdo e direito da coxa e da perna nos atletas, tanto na vista posterior quanto na anterior, e também para a média e para o valor máximo (TABELA 7 e 8).

Tabela 7 . Valores de temperatura média (°C) dos membros inferiores de atletas de futebol.

Área	COXA			PERNA		
	Direita	Esquerda	Diferença	Direita	Esquerda	Diferença
Anterior	30,2 ± 1,9	30,2 ± 1,9	0,0	29,8 ± 1,8	29,9 ± 1,8	0,1
Posterior	30,3 ± 1,8	30,2 ± 1,8	0,1	29,6 ± 1,9	29,4 ± 1,9	0,2

Adaptada de Marins *et al.*(2014).

Tabela 8 - Valores de temperatura máxima (°C) dos membros inferiores de atletas de futebol.

Área	COXA			PERNA		
	Direita	Esquerda	Diferença	Direita	Esquerda	Diferença
Anterior	31,2 ± 1,7	31,2 ± 1,7	0,0	31,1 ± 1,6	31,2 ± 1,6	0,1
Posterior	31,3 ± 1,8	31,2 ± 1,6	0,1	30,4 ± 1,8	30,3 ± 1,8	0,1

Adaptada de Marins *et al.*(2014).

Nenhum jogador estava lesionado, portanto segundo os autores, estes resultados suportam o fato que em condições normais e com um padrão de

referência dos sujeitos, os atletas devem ter uma simetria térmica entre o lado esquerdo e direito do corpo. Além disso, Marins *et al.*,(2014) observaram que as temperaturas das coxas foram com mais frequência elevadas em comparação a das pernas, o que é normal, já que a coxa está próxima ao centro do corpo. Esse pode ser mais um aspecto a ser observado pelos profissionais do clube, se encontrado alteração nesses padrões térmicos.

3.2.1 Simetria e assimetria de temperatura

Em situações normais, o atleta deverá ter simetria térmica entre os dois lados do corpo. Assimetrias são associadas a disfunções e processos inflamatórios, que poderão levar o atleta a lesão. Porém, deve-se levar em conta a característica de um atleta em jogo e não ter essa informação sobre assimetrias como verdade absoluta. Ainda não foi estabelecido o intervalo normal e anormal de diferenças entre uma área do corpo e sua parte contralateral correspondente de atletas e não atletas. No entanto, alguns autores sugerem valores diferentes. Uematsu *et al.* (1988) estabeleceu um limite geral de 0,5°C e para as pernas um valor de 0,27° C. Hildebrant *et al.* (2010) propôs um valor superior de 0,7° C de diferença entre lados do corpo. Verdasca *et al.*, (2007), encontrou valores de assimetria em pessoas saudáveis de 0,19° C. Marins *et al.* (2014) propõe que temperaturas abaixo de 27°C e acima de 33°C estão relacionadas a algum problema no local do corpo avaliado. Como os valores variam de autor para autor, e cada atleta possui uma característica, o adequado poderia ser, portanto, avaliar individualmente e estabelecer valores padrão para cada indivíduo. Diante dos valores normais estabelecidos, observar com base nas temperaturas pré-determinadas e ver se há alguma anormalidade na simetria térmica dos atletas. Se a região avaliada estiver hipertérmica, pode-se inferir que o local está passando por um processo inflamatório. Se a região estiver hipotérmica, infere-se que o fluxo sanguíneo está reduzido na região e também há disfunções. Em ambos os casos, é recomendado reduzir a carga de treinamento. (MARINS *et al.*, 2014).

3.3 Utilização combinada da medida da CK e da termografia no controle do desgaste físico no futebol

O exercício físico provoca micro traumas nos tecidos do corpo de um atleta. Esses micro traumas são responsáveis pelo extravasamento de proteínas no sangue, como a CK e pelo aumento da permeabilidade da membrana celular. Além disso, um processo inflamatório ocorre após a lesão tecidual, fazendo com que a temperatura aumente no local lesionado. Por que então, utilizar a medida da CK junto com a termografia no controle do desgaste físico dos atletas?

Apesar de nenhum estudo ter encontrado correlação entre as duas variáveis, a medida da CK fornece boas informações de que houve micro traumas no atleta após um treinamento ou um jogo de futebol, porém tal medida não tem a capacidade de mostrar o local que estas lesões ocorreram. Com o auxílio da termografia, isto acaba se tornando possível, uma vez que, a análise termográfica fornece informações de temperatura local. Se usado e interpretado de forma correta, através das temperaturas ou assimetrias corporais, será informado o local que está mais desgastado e que está prestes a ocorrer lesão por sobrecarga. Por exemplo, após um dia de jogo, a CK encontra-se aumentada em relação aos padrões normais para aquele atleta após a coleta sanguínea. Ainda assim, não se sabe onde está a micro lesão. Após o uso da termografia observa-se que a coxa direita encontra-se 1º C maior que o padrão daquele local. Diante disso, pode-se inferir que o local está sofrendo maior processo inflamatório.

Em uma modalidade de alto rendimento, como o futebol, são necessários muitos cuidados no controle das cargas de treinamento e recuperação. É fundamental que os fisiologistas envolvidos no controle da carga de treinamento tenham uma visão integrada das respostas fisiológicas durante os jogos e treinos. Portanto, quanto mais variáveis e medidas forem usadas para fornecer informações sobre o estado fisiológico do atleta, melhor será a intervenção desses profissionais e menor será a chance de uma interpretação errada dos resultados. O uso da medida de CK plasmática aliada a termografia fornece mais parâmetros para uma interpretação do estado fisiológico do atleta.

4 CONCLUSÕES

- 1) O desgaste físico pós-jogo ou treinamento é percebido nos altos valores encontrados de creatina quinase sérica em atletas de futebol. Os estudos mostraram a existência de atletas %alto respondentes+ e %baixo respondentes+ ao estresse provocado pelo exercício e grande variabilidade das concentrações de CK. Diante disso, parece ser mais adequado avaliar o jogador de futebol de forma individual. Em relação a pré-temporada, os níveis séricos sobem no início dos treinamentos, mas no início da competição encontra-se valores mais baixos. Em temporadas competitivas, as análises de CK mostram que é possível inferir o desgaste físico nos atletas.
- 2) Alterações no desgaste muscular dos atletas também podem ser percebidas através da análise termográfica. Em condições normais, os atletas devem apresentar simetria térmica entre a xona corporal analisada quando comparada a um padrão previamente estabelecido. No entanto, é um método novo no futebol e ainda necessita-se de estudos futuros utilizando este tipo de análise.
- 3) Em uma modalidade de alto rendimento, como o futebol, é necessário o controle preciso das cargas de treinamento e recuperação. O uso combinado da medida de CK e análise termográfica fornecem parâmetros integrados para a interpretação do estado fisiológico do atleta. A medida da CK fornece boas informações sobre o desgaste físico dos atletas. A análise termográfica mostra em qual local está mais desgastado, através da temperatura. É indicado, portanto, o uso combinado das duas análises no controle do desgaste de atletas de futebol.

REFERÊNCIAS

- ABREU, D; FERNANDES, B. CK levels and its relation to wear on a physical football season. **Fiep Bulletin**, v.85, n.2, 2015.
- ALVES, A *et al.* Individual analysis of creatine kinase concentration in brazilian elite soccer players. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.21, n.2, 2015.
- ARLIANI, 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 off a soccer match- analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. **Clinical Biochemistry**, v.41, p.841-851, 2008.
- BANDEIRA, F *et al.* A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.20, n.1, p.59-64, 2014.
- BANDEIRA, F *et al.* Pode a termografia auxiliar no diagnostico de lesões musculares em atletas de futebol? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.18, n.4, p.246-251, 2012.
- BANGSBO, J.; MOHR, M.; KRUSTRUP, P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. **Journal of Sports Sciences**, v.24, n.7, p.665-674, 2006.
- BATISTA, R *et al.* **Análise epidemiológica das lesões em atletas de futebol profissional do Sport Club do Recife em 2007.** Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd134/lesoes-em-atletas-de-futebol-profissional.htm>>. Acesso em: 23. ago. 2015.
- BERZ, R; SAUER, H. The Medical use of infrared-thermography history and recent applications. **Thermografie-Kolloquium**, v.4, p. 1-12, 2007.
- BEZERRA, J *et al.* Respostas de biomarcadores musculares a uma partida de futebol. **Revista Brasileira de Futsal e Futebol**, v.6, n.19, p.58-64, 2014.
- BOM SENSO FC. **As propostas do Bom Senso F.C:** calendário e fair play financeiro. Disponível em: <<http://www.bomsensofc.org.br/o-movimento>>. Acesso em: 22.ago.2015.
- BRANCACCIO, P; MAFFULLI, N; LIMONGELLI, FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **British Medical Bulletin**, v.81 e 82, p.209-230, 2007.
- BRANCACCIO, P; MAFFULLI, N; LIPPI, G. Biochemical markers of muscular damage. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v.48, p.757-767, 2010.
- BRIOSCHI, M. Valor da imagem infravermelha na avaliação da dor. **Revista Dor**, v.6, n.1, p.514-524, 2005.

CARMONA, P. **Influência de la información termográfica infrarroja en el protocolo de prevención de lesiones de un equipo de fútbol profesional español.** Madrid, 2012. Dissertação (Doutorado). Universidade Politécnica de Madrid.

CLARKSON, PM; HUBAL, MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. **American Journal of Physical Medicine e Rehabilitation**, v.81, p.52-69, 2002.

COELHO, D *et al.* Analysis of chronic physiological demand of an annual soccer season. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.17, n.4, p.400-408,2015.

COELHO, D *et al.* Analysis of the trends of creatine kinase levels during the preseason of a professional soccer team. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.16, n.2, p.129-135, 2014.

COELHO, D *et al.* Cinética da creatina quinase em jogadores de futebol profissional em uma temporada competitiva. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.13, n.3, p.189-194, 2011.

COELHO, D *et al.* Intensidade de sessões de treinamento e jogos oficiais de futebol. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v.22, n.3, p.211-218, 2008.

COELHO, D *et al.* Intensity of real competitive soccer matches and differences among player positions. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.13, n.5, p.341-347, 2011.

COHEN, M *et al.* Lesões ortopédicas no futebol. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v.32, n.12, p.940-944,1997.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE FUTEBOL. **Regras de futebol 2013-2014.** Brasil, 2013. Disponível em: http://www.cbf.com.br/arbitragem/comissao-publicacoes/livro-de-regras-2013-2014-portugues#.Vj_QR162KZh. Acesso em: 22.ago.2015.

DA SILVA, A *et al.* Elaboração de tabelas de percentis através de parâmetros antropométricos, de desempenho, bioquímicos, hematológicos, hormonais e psicológicos em futebolistas profissionais. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.18, n.3, 2012.

DA SILVA, F; MACEDO, D. Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.13, n.4, p. 320-328, 2011.

DI SALVO, V. *et al.* Performance characteristics according to playing position in elite soccer. **International Journal of Sports Medicine**, v.28, n.3, p.222-227, 2006.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DE FOOTBALL ASSOCIATION (FIFA). **265 million playing football.** Suíça, 2007. Disponível em: www.fifa.com. Acesso em 22.ago.2015.

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

FOSCHINI, D; PRESTES, J; CHARRO, M. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.9, n.1, p.101-106, 2007.

FREITAS, D *et al.* Efeitos do treinamento sobre variáveis psicofisiológicas em pré-temporada de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.20, n.1, 2014.

FRIDEN, J; LIEBER, RL. Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.24, p.521-530, 1992.

GARRETT, W.E.JR. Muscle strain injuries. **The American Journal of Sports Medicine**, v.24, 1996.

GUARESCHI, R; PEREIRA, R; ALVES, J. Avaliação sérica da enzima creatina quinase em jogadores de futebol profissional do interior paulista antes e depois da pré-temporada. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v.7, n. 42, p.483-488, 2013.

HILDEBRANDT, C; RASCHNER, C; AMMER, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors**, v.10, n.5, p. 4700-4715, 2010.

IKEDA, A. M.; NAVEGA, M. T. Caracterização das lesões ocorridas em atletas profissionais de futebol da Associação Desportiva São Caetano durante o Campeonato Brasileiro de 2006. **RevistaFisioBrasil**, v.11, n.88, p.11-21, 2008.

ISPIRLIDIS,I *et al.* Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clinical Journals of Sports Medicine**, v.18, n.5, p.423-431, 2008.

JUNGE, A; DVORAK, J. Football injuries during the 2014 FIFA World Cup. **British Journal of Sports Medicine**, v.49, n.9, p.599-602, 2015.

JUNIOR,L. **Preocupação de 2013, lesões causaram prejuízo milionário ao Coxa em 2012**. Disponível em: www.gazetadopovo.com.br/esportes/futebol/coritiba. Acesso em: 22.ago.2015.

LAZARIM, F, *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.

MARINS, J.C *et al.* Thermographic profile of soccer players lower limbs. **Revista Andaluza de Medicina do Esporte**, v.7, n.1, p.1-6, 2014.

MCHUGH, M *et al.* Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. **Sports Med**, v.27, n.3, p.157-170, 1999.

MOHR, M; KRUSTRUP, P; BANGSBO, J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. **Journal of Sport Sciences**, v.21, p.519-28, 2003.

MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **British Journal of Sports Medicine**, v.41, n.10, p.674-678, 2007.

NEVES, E; REIS, V. Fundamentos da termografia para o acompanhamento do treinamento desportivo. **Revista Uniandrade**, v.15, n.2, p. 79-86, 2014.

PACHECO, D.A. *et al.* Comparação entre a intensidade de esforço no futebol de campo e futsal em jogadores universitários. **Motricidade**, v.8, n.2, p.770-778, 2012.

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

PEDRINELLI, A *et al.* Estudo epidemiológico das lesões no futebol profissional durante a Copa América de 2011, Argentina. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v.48, n.2, p.131-136, 2013.

PIMENTA, E *et al.* The ACTN3 genotype in soccer players in response to acute eccentric training. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, n.4, p.1495-1503, 2011.

POWERS, S; HOWLEY, E. Regulação da temperatura. In: **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2000, p. 215-226.

PROIA, P *et al.* The effects of a 3-week training on basal biomarkers in professional soccer players during the preseason preparation period. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.51, n.2, 2011.

SANTOS, T; SOUZA, R; NAVARRO, A. Análise de uma pré-temporada do Grêmio Football Portoalegrense. **Revista Brasileira de Futsal e Futebol**, v.2, n.5, p. 122-130, 2010.

SILVA, A.S *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.

SOARES, L.L *et al.* Análise dos níveis séricos de creatina quinase em atletas de futebol universitário após uma sessão intermitente. **Motricidade**, v.8, n.2, p.439-446, 2012.

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

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, 2002.

TIMOTHY, J. Physiology and mechanisms skeletal muscle damage. In: TIIDUS, M. **Skeletal muscle damage and repair**. Canadá: Ed. Human Kinetics, 2008, p.3-12.

UEMATSU, S *et al.* Quantification of thermal asymmetry, Part I: Normal values and reproducibility. **Journal of Neurosurgery**, v.69, n.4, p.552-555, 1988.

VERDASCA, R *et al.* **Thermal Symmetry on Extremities of Normal Subjects**. University of Glamorgan, p.19-24, 2007.

WALDEN, M; HAGGLUND,M; EKSTRAND,J.UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001. 2002 season. **British Journal of Sports Medicine**, v.39, n.8, p.542-546, 2005.

ZOPPI, C *et al.* Alterações em biomarcadores de estresse oxidativo, defesa antioxidante e lesão muscular em jogadores de futebol durante uma temporada competitiva. **Revista Paulista de Educação Física**, v.17, n.2, p.119-130, 2003.