

Comportamento das temperaturas interna e muscular durante o jogo de futebol.

Temperature transients of core and muscle during soccer game.

Fernandes AA¹; Pimenta EM²; da Silva CD³, Garcia ES⁴

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Ipatinga, Brasil.

² Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

³ Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Juiz de Fora, Governador Valadares, Brasil.

⁴ Departamento de Educação Física, Universidade Federal do Maranhão, Maranhão, Brasil.

Resumo

Objetivo: O presente artigo apresenta uma revisão de literatura objetivando informações quantitativas sobre o comportamento da temperatura interna (T_I), temperatura muscular (T_M) durante o jogo de futebol.

Métodos: Realizou-se buscas em bancos de dados (MEDLINE/PubMed, e SciELO) utilizando os termos “soccer”, “core temperature”, “match play” e “muscle temperature”.

Resultados: Foram identificados 69 registros e após triagem e elegibilidade, cinco estudos foram incluídos na síntese quantitativa. De forma geral, os estudos indicam que em média a T_I máxima obtida durante uma partida de futebol pode variar de 39,0-39,5 °C, o que pode representar aumentos de (~2 °C) em comparação com o repouso. Já para T_M , os resultados apontam que a participação em uma partida de futebol resulta em aumentos próximos a faixa de 39,0-40,0 °C, representando aumentos de (~4 °C) em comparação com o repouso.

Conclusão: A participação em uma partida de futebol provoca aumentos significativos nos valores da T_I e T_M , sendo que estes podem ser maiores quando a partida é disputada em condições climáticas de um ambiente quente e úmido. Tais aumentos, aliados a desidratação, podem resultar em perda de desempenho e até colapso devido à exaustão causada pelo calor.

Palavras-chave: Futebol, temperatura interna, temperatura muscular, termorregulação.

Endereço:

Alex de Andrade Fernandes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais,
Departamento de Educação Física,
Av. João Valentim Pascoal, S/Nº, esquina com R. Mariana, Centro,
Ipatinga, Minas Gerais 35.160-002, Brasil
Tel.: +55 (31) 99734-7688
e-mail: alex.andrade@ifmg.edu.br

ABSTRACT

Objective: This article presents a literature review aiming quantitative information on temperature transients of core temperature (T_C), muscle temperature (T_M) at the soccer match.

Methods: We conducted a literature review (databases of MEDLINE / PubMed and SciELO) using the terms “soccer”, “core temperature”, “match play” and “muscle temperature”.

Results: Sixty-nine records were identified and, after screening and eligibility, five studies were included in the quantitative synthesis. In general, the studies indicate that the T_C obtained during a soccer match might vary from 39.0 to 39.5 ° C, which may represent increases (~2 °C) compared with the rest. As for T_M the results indicate that participation in a football match results in increases near range 39.0-40,0 ° C, representing increases (~4 °C) compared to the rest.

Conclusion: Participation in a soccer match causes significant increases in T_C and T_M values, and these may be higher when the game occurs in climatic conditions of a hot and humid environment. These increases, combined with dehydration can result in worse performance and even collapse due to heat exhaustion.

Key words: Soccer, core temperature, muscle temperature, thermoregulation.

Introdução

O controle neuronal da temperatura corporal é alcançado através de termorreceptores que detectam suas alterações, tanto centralmente no hipotálamo, bem como periféricamente na pele^[1, 2]. Os termorreceptores periféricos são responsáveis pela transmissão de informações aferente a área pré-ótica e o hipotálamo anterior, onde ocorre a integração de sinais térmicos originados das diferentes partes do corpo^[1, 2]. A integração destas informações resulta no envio de sinais térmicos eferentes para os órgãos efetores responsáveis pelo ganho de calor, ou pela perda do mesmo. Assim, durante a realização do exercício, importantes respostas eferentes ocorrem, tais como aumentos da vasodilatação cutânea e da atividade de sudomotora que têm como objetivo colaborar para dissipação do calor, contribuindo para a regulação da temperatura corporal^[3-5].

A realização do exercício físico promove a transformação da energia química armazenada em energia motriz e térmica, onde há aumento na produção de calor, que na maioria dos casos não consegue ser compensado pela dissipação do calor,

resultando em elevação da temperatura corporal, em especial da musculatura ativa^[1, 3]. Em conjunto, o sangue arterial é redirecionado para pele com objetivo de perder calor para meio ambiente auxiliando a manter a temperatura interna (T_i) dentro de limites de segurança^[1, 3, 5].

A perda de calor metabólico ocorre por quatro formas, condução, radiação, convecção e evaporação^[6]. Dependendo das condições climáticas, a evaporação é a principal forma de resfriamento corporal a partir da produção da sudorese^[7, 8]. Quando o suor evapora, proporciona uma redução da temperatura da pele (T_P), dessa forma o sangue proveniente das regiões mais profundas do corpo é resfriado ao circular pela pele, retornando em menor temperatura, o que ajuda a controlar a T_i ^[3-5, 7, 8].

A realização do exercício físico, em especial o com elevado componente excêntrico, como observado durante uma partida de futebol, resulta na liberação de diferentes citocinas que interferem diretamente na regulação da T_i ^[9-11]. Neste momento, um dos efeitos mais importantes é o início de uma reação conhecida como resposta de fase aguda, cujas as principais citocinas pró-inflamatórias liberadas são a

interleucina 1 beta (IL-1 β), interleucina 6 (IL-6) e fator de necrose tumoral (TNF- α)^[9-12]. Essas citocinas são denominadas pirógenos endógenos, pois causam febre e derivam de uma fonte endógena, e não de componentes bacterianos como um pirógeno exógeno. Os pirógenos endógenos causam febre por induzir a síntese de prostaglandinas E2 pela enzima cicloxigenase-2, a expressão na qual é induzida por essas citocinas. A prostaglandina-2, então, atua no hipotálamo, resultando em aumento da produção de calor e, conseqüentemente, no aumento da T_i ^[11, 12].

As repostas termorregulatórias associadas com a partida de futebol devem ser analisadas em condições próximas as encontradas no dia-a-dia das competições e treinamentos, sendo difícil replicá-las em condições laboratoriais. Além disso, o elemento competitivo do jogo pode aumentar a intensidade física e o estresse psicológico, condições estas difíceis de serem replicadas no laboratório. Desta maneira, o objetivo deste trabalho é apresenta uma revisão de literatura, com síntese quantitativa, sobre o comportamento da T_i , T_M em diferentes condições de jogo.

Métodos

Estratégia de busca

Foi realizada uma pesquisa eletrônica utilizando as bases de dados *MEDLINE/PubMed* e *SciELO*. Foram utilizados os seguintes descritores: “soccer”, “core temperature”, “match play” and “muscle temperature”, todos sendo cruzados em inglês e português. Os estudos analisados deveriam atender aos seguintes critérios de inclusão: publicação compreendida entre 1980 até março de 2016.

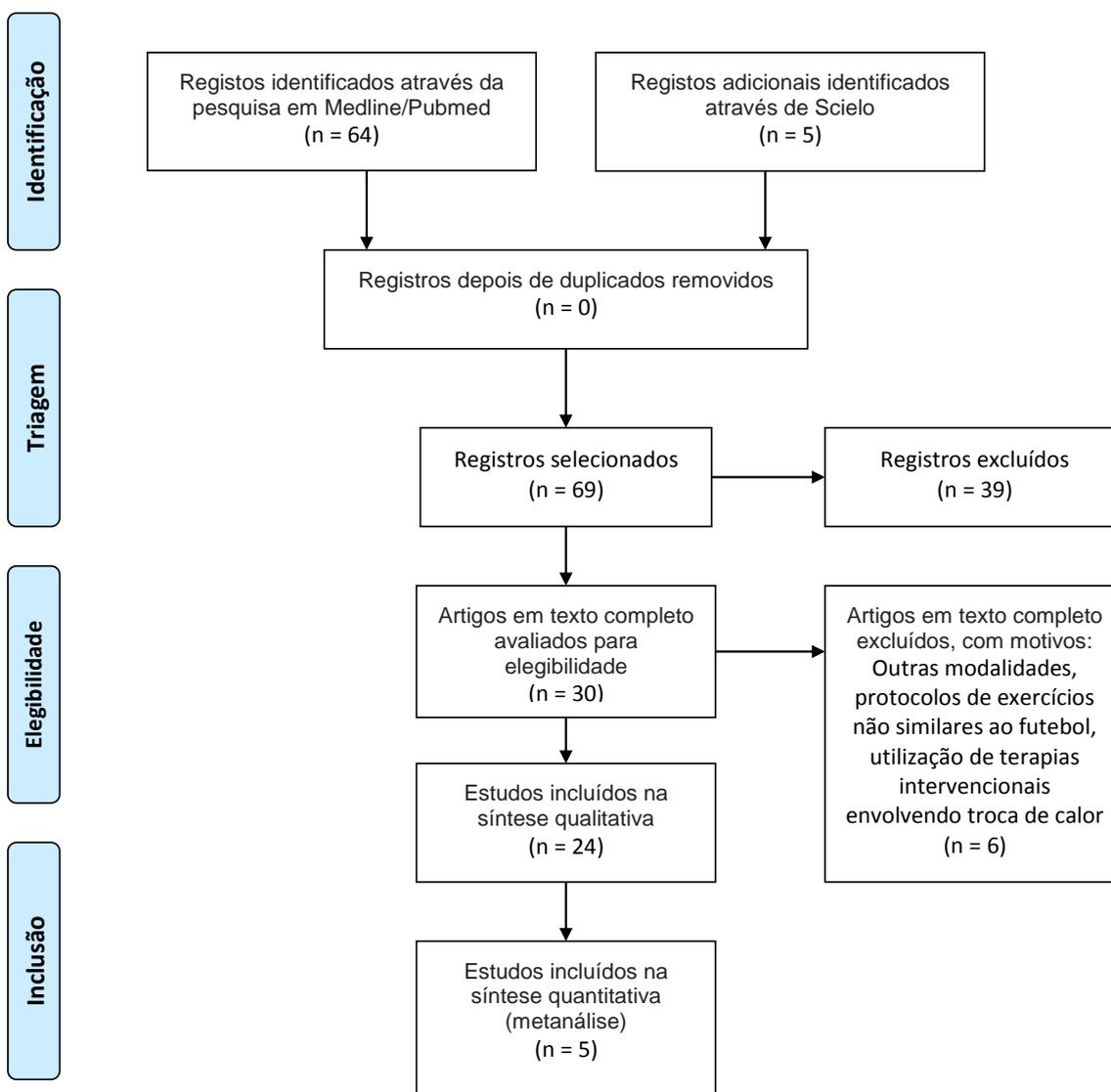
Seleção de estudos

Uma primeira seleção de estudos foi feita por dois revisores (A.A.F e C.D.S) com base nos resumos, descartando estudos não relacionados à temática. Na etapa seguinte, foram examinadas as variáveis consideradas nos estudos selecionados, e somente os estudos relacionados à mensuração da T_i , T_M pré- e pós-exercício foram incluídos para uma revisão posterior.

Avaliação da qualidade metodológica

A qualidade metodológica dos artigos incluídos na revisão foi determinada avaliando-se se o estudo de acordo com a estratégia diagrama de fluxo PRISMA^[13]. O diagrama de fluxo do processo de seleção de artigos é apresentado na Figura 1, abaixo.

Figura 1. Diagrama de fluxo do processo de seleção de artigos



Resultados

Usando as palavras-chave “soccer”, “core temperature”, “match play” and “muscle temperature”, e em combinação, encontramos 69 artigos. Destes, 45 artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão. Assim, esta revisão foi composta por 5 estudos / artigos (Figura 1).

A Tabela 1 mostra um resumo dos artigos e seus resultados, com base em relatórios selecionados. Nesta revisão, apresentamos o autor do artigo, o gênero eo número de participantes do estudo, o protocolo experimental e os principais resultados do estudo.

Tabela 1. Resumos dos artigos e seus resultados com base em relatórios sobre o comportamento da temperatura interna (T_i), temperatura muscular (T_M) durante o jogo de futebol.

Autor	Amostra	Características do estudo	do Principais resultados
Mohr et al. [2004]	Dezesseis jogadores de futebol profissionais (26±0.5 anos, 182±1.8 cm; 77±3.3 kg).	Partida amistosa, quarta divisão Dinamarquesa. A T_i foi medida no reto a uma profundidade de ~2cm utilizando um termómetro retal clínico eletrônico (Philips, HF 365, China).	T_i no repouso de 37,2 ± 0,1 °C elevando-se para 39,0 ± 0,2 °C ao final do primeiro tempo, 38,8 ± 0,1 °C ao final da partida, e retornando a valores próximos ao do repouso 15 minutos após o término da partida 37,8 ± 0,1 °C.
Gerra et al. [2004]	Doze jogadores sub-18 (16 ± 1 anos; 1.80 ± 5 cm; 68 ± 5 kg).	A T_i foi determinada por um "termómetro-pílula" ingerível (TempDisposalTemperatur e Sensor) que, em conjunto com o gravador (Cor Temp 2000 TM) forneceu dados de temperatura do corpo real contínuos e precisos.	T_i , antes do treinamento, foi de 37,3 ± 0,2 °C, aumentando para 39,4 ± 0,4 °C após o jogo.
Edwards e Clark [2006]	Oito estudantes universitários masculinos colegiais (20 ± 2.2 anos; 179.3 ± 1.9 cm; 81.1 ± 3.9 kg) e sete jogadores profissionais de uma equipe da Divisão de Campeonato Inglês (24 ± 3 anos; 179,4 ± 4 cm; 74,4 ± 4 kg).	Jogo recreativo e segunda divisão do campeonato Inglês. A T_i foi avaliada utilizando o sistema de pílula intestinal (CorTemp 2000).	T_i de ~38 ± 1 e ~37,5 ± 1, respectivamente atletas colegiais e profissionais, respectivamente) e T_i no segundo tempo de jogo (~39 ± 1 e ~38,5 ± 1, respectivamente atletas colegiais e profissionais, respectivamente).
Ozgunen et al.[2010]	Onze jogadores masculinos de futebol semi-profissional (20,4 ± 2,1 anos; 176,8 ± 4,8 cm; 68,5 ±	Duas partidas em condições de calor moderado (34,0 ± 1,0 °C e umidade relativa de 38,0 ± 2,0 %) e índice de calor elevado (36,0 ± 0,0 °C e	T_i de 39,6 ± 0,3 °C frente a condição de disputada em ambiente com menor temperatura e menor umidade $T_i = 39,1 ±$

	5,3 kg.	umidade relativa 61,0 ± 0,4 °C. 1,0 %). A T_i foi monitorizada utilizando um sistema Vital Senses (Mini MitterCo. Inc., Bend, Oregon, EUA).
Mohr et al. [2012]	Dezessete jogadores de futebol de elite (26.6 ± 1,2 anos; 1.84±0,01 cm; 80.1 ± 1,6 kg) de dois países escandinavos (Ilhas Faroe e Dinamarca)	Dois jogos de futebol em condições ambientais distintas, sendo uma em ambiente temperado, com temperatura (~21 °C) e umidade relativa de 55% e outra em ambiente quente (~43 °C) e umidade relativa de 12%. T_M e T_i são em média 1 °C mais elevada em ambiente quente (40,3 ± 0,1 e 39,5 ± 0,1 °C, respectivamente) em comparação com o ambiente temperado (39,2 ± 0,1 e 38,3 ± 0,1 °C).

Discussão

A participação em uma partida de futebol tem potencial efeito para provocar aumentos consideráveis na T_i , bem como na temperatura muscular T_M . Mohr et al.^[14] analisou a T_i durante uma partida de futebol amistosa, em atletas da quarta divisão Dinamarquesa, sendo relatado uma T_i no repouso de 37,2 ± 0,1 °C elevando-se para 39,0 ± 0,2 °C ao final do primeiro tempo, 38,8 ± 0,1 °C ao final da partida, e retornando a valores próximos ao do repouso 15 minutos após o término da partida 37,8 ± 0,1 °C. Aumentos semelhantes da T_i ao final do primeiro (~38 ± 1 e ~ 37,5 ± 1, respectivamente atletas colegiais e profissionais, respectivamente) e segundo tempo de jogo (~ 39 ± 1 e ~ 38,5 ± 1, respectivamente atletas colegiais e profissionais, respectivamente) foram relatadas no estudo de Edwards e Clark^[15] que possuía como amostra atletas da segunda divisão do campeonato Inglês, sendo os dados coletados em uma partida amistosa.

Ainda se nota, nesse estudo supracitado Edwards e Clark^[15], que a temperatura do núcleo tem comportamento transiente durante a partida, tendo aumentos significativos a partir do nível de repouso no

ponto de medição de 20 minutos, e permanecendo aumentada aos 30 minutos e na conclusão da primeira metade. Na segunda metade, a T_i foi significativamente aumentada a partir dos níveis de repouso aos 80 minutos, 90 minutos e tempo completo (105 minutos). As temperaturas do núcleo registadas a tempo inteiro foram significativamente aumentadas a partir do intervalo com diferenças entre jogadores amadores (colegiais) e profissionais, tendendo a ser mais altas nos primeiros.

Intervalos de T_i também são similares no estudo de Gerra et al.^[16] onde foi observado que a T_i , antes do treinamento, foi de 37,3 ± 0,2 °C, aumentando para 39,4 ± 0,4 °C após o jogo, em uma amostra composta por atletas profissionais submetidos a um treinamento coletivo, sendo que o segundo tempo apresentou duração de apenas 30 minutos.

Ozgunen et al.^[17] estudaram as repostas da T_i quando uma partida de futebol amistosa é realizada em um ambiente com temperatura média de 34,0 ± 1,0 °C e umidade relativa de 38,0 ± 2,0 % frente outra experimentação realizada em um ambiente com temperatura quente de 36,0 ± 0,0 °C e umidade relativa 61,0 ± 1,0 %, em uma

amostra advinda de atletas semiprofissionais. Os resultados apontam diferenças significativas nos valores da T_i , sendo que os maiores valores são registrados quando a partida é disputada em um ambiente quente e úmido [$39,6 \pm 0,3$ °C], frente a condição de disputada em ambiente com menor temperatura e menor umidade [$39,1 \pm 0,4$ °C]. Esta diferença nos resultados é explicada pelo fato do exercício ter sido realizado em um ambiente quente e úmido, o que dificulta a perda de calor por evaporação e por sua vez resulta em aumentos da T_i ^[17].

Mohr et al.^[18] desenvolveram um estudo onde a T_i e a T_M foi monitorada durante a realização do jogo de futebol em duas condições ambientais distintas, sendo uma em ambiente temperado, com temperatura (~21 °C) e umidade relativa de 55% e em outra ambiente quente (~43 °C) e umidade relativa de 12%. A amostra do estudo foi composta por atletas profissionais de dois países escandinavos (Ilhas Faroé e Dinamarca). Os resultados apontam que a T_M e T_i são em média 1 °C mais elevada em ambiente quente ($40,3 \pm 0,1$ e $39,5 \pm 0,1$ °C, respectivamente) em comparação com o ambiente temperado ($39,2 \pm 0,1$ e $38,3 \pm 0,1$ °C).

A realização de uma partida de futebol em ambiente quente pode reduzir a capacidade de desempenho devido ao stress metabólico, cardiovascular e termorregulatório, provocando aumentos da temperatura central, frequência cardíaca, percepção de esforço, e taxa metabólica, podendo gerar um quadro de desidratação e falhas no sistema nervoso central e comando do motor^[19]. Assim, a realização de uma partida em ambiente quente requer atenção especial da comissão técnica e os atletas^[19].

De forma geral, os estudos levantados nesse trabalho indicam que em média a $T_{M\text{máxima}}$ obtida durante uma partida de futebol pode variar de $39,0$ - $39,5$ °C^[20], o que

pode representar aumentos de (~2 °C) em comparação com o repouso. Entretanto, em alguns estudos foram registrados valores individuais acima de 40 °C^[17, 20]. É conhecido que a elevação da T_i a tais níveis e em conjunto com um quadro de desidratação pode resultar em colapsos devido à exaustão causada pelo calor^[17, 19].

Mohr et al.^[14] também estudou o efeito do jogo frente a T_M sendo relatado aumentos na T_M , passando de $36,0 \pm 0,2$ °C no repouso, para $39,4 \pm 0,1$ °C no intervalo do primeiro tempo e $39,2 \pm 0,1$ °C no final da partida, existindo uma redução acentuada após 15 minutos do término do jogo $37,4 \pm 0,2$ °C. Resultado semelhante foi observado no estudo de Lovell et al.^[21], onde durante a realização de um protocolo que simula uma partida de futebol, a T_M sempre esteve entre 39,0-40,0 °C. Outros estudo do grupo de Lovell et al.^[22] observaram temperaturas variando entre 39,0-40,0 °C durante o exercício, também utilizando protocolo de simulação de futebol com a amostra composta por atletas da categoria de base de um clube da terceira divisão do campeonato Inglês. Desta maneira, os resultados apontam que a participação em uma partida de futebol resulta em aumentos da T_M próximos a faixa de 39,0-40,0 °C, o que pode representar aumentos de (~4 °C) em comparação com o repouso.

De acordo com os resultados apresentados no presente estudo, observa-se que a T_i retorna a valores pré-exercício nos momentos iniciais da recuperação, entretanto a T_M parece persistir com valores superiores ao pré-exercício por um tempo mais prolongado. Nos estudos de Kenney et al.^[23, 24], com protocolos de exercícios não similares ao futebol, foram relatados valores superiores ao pré-exercício por até 2 horas após o término do exercício. Em pesquisa eletrônica nos periódicos científicos especializados não foi encontrado estudo

que avaliou o comportamento da T_M por um tempo maior que 2 horas. Kenny et al.^[23] observaram que a T_M apresenta valores mais elevados a medida em que é mensurada em camadas mais internas do músculo, mais próximas a artéria femoral, apresentando os seguintes resultados 36.2 ± 0.3 , 35.9 ± 0.3 e 35.0 ± 0.3 °C, mensuradas a 10 mm, 15mm e 30mm de distância da artéria femoral, respectivamente.

Desta forma, a participação em uma partida de futebol resulta em elevado estresse fisiológico, provocando alterações termorregulatórias, estruturais e bioquímicas que perduram nos dias subsequentes^[25]. Assim, uma importante reposta efetora presente na recuperação após os jogos é a vasodilatação periférica em especial da musculatura ativa^[4, 14, 20]. Além disso, a vasodilatação periférica localizada na musculatura ativa é uma importante ação das respostas inflamatórias imunitárias para reparação e remodelação do tecido muscular danificado. Toda esta ação, localizada na musculatura exercitada, pode ajudar e explicar a dificuldade de retorno dos valores de repouso da T_M após a realização do exercício.

Conclusão

Conclui-se que a participação em uma partida de futebol provoca aumentos significativos nos valores da T_I e T_M , sendo que estes podem ser maiores quando a partida é disputada em condições climáticas de um ambiente quente e úmido. Tais aumentos, aliados a desidratação, podem resultar em perda de desempenho e até colapso devido à exaustão causada pelo calor.

Referências

1. Wendt D, van Loon LJ, Lichtenbelt WD. Thermoregulation during exercise in the heat: strategies for maintaining health and performance. *Sports medicine*. 2007;37(8):669-82.
2. Gagnon D, Kenny GP. Does sex have an independent effect on thermoeffector responses during exercise in the heat? *The Journal of Physiology*. 2012;590(23):5963-73.
3. Johnson JM, Kellogg DL, Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. *Frontiers in bioscience*. 2010;2:825-53.
4. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20 Suppl 3:29-39.
5. Fernandes AA, Amorim PRS, Prímola-Gomes TN, Sillero-Quintana M, Fernández Cuevas I, Silva RG, et al. Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2012;5(3):113-7.
6. Kenny GP, Journeay WS. Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2010;15:259-90.
7. Shibasaki M, Wilson TE, Crandall CG. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *J Appl Physiol*. 2006;100(5):1692-701.
8. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol*. 2010;109(4):1221-8.
9. Silva FOCd, Macedo DV. Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*. 2011;13:320-8.
10. Abbas AK, Baker A, Baker DL, Lichtman AH, Pillai S. Abbas: Cellular and Molecular Immunology 7th Edition: Saunders 2012; 2012.
11. Fehrenbach E, Schneider ME. Trauma-Induced Systemic Inflammatory Response versus Exercise-Induced Immunomodulatory Effects. *Sports medicine*. 2006;36(5):373-84.
12. Murphy K, Travers P, Walport M. *Imunobiologia de Janeway*. Porto Alegre: ArtMed; 2010.

13. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Group P. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS medicine*. 2009;6(7):e1000097.
14. Mohr M, Krstrup P, Nybo L, Nielsen JJ, Bangsbo J. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches – beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2004;14(3):156-62.
15. Edwards AM, Clark NA. Thermoregulatory observations in soccer match play: professional and recreational level applications using an intestinal pill system to measure core temperature. *British journal of sports medicine*. 2006;40(2):133-8.
16. Guerra I, Chaves R, Barros T, Tirapegui J. The Influence of Fluid Ingestion on Performance of Soccer Players During a Match. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2004;3(4):198-202.
17. Ozgunen KT, Kurdak SS, Maughan RJ, Zeren C, Korkmaz S, Yazici Z, et al. Effect of hot environmental conditions on physical activity patterns and temperature response of football players. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20 Suppl 3:140-7.
18. Mohr M, Nybo L, Grantham J, Racinais S. Physiological Responses and Physical Performance during Football in the Heat. *PLoS ONE*. 2012;7(6):e39202.
19. Veneroso CE, Ramos GP, Mendes TT, Silami-Garcia E. Physical performance and environmental conditions: 2014 World Soccer Cup and 2016 Summer Olympics in Brazil. *Temperature*. 2015;2(4):439-40.
20. Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: a brief review. *Journal of sports sciences*. 2005;23(6):593-9.
21. Lovell R, Midgley A, Barrett S, Carter D, Small K. Effects of different half-time strategies on second half soccer-specific speed, power and dynamic strength. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2013;23(1):105-13.
22. Lovell RJ, Kirke I, Siegler J, McNaughton LR, Greig MP. Soccer half-time strategy influences thermoregulation and endurance performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2007;47(3):263-9.
23. Kenny GP, Reardon FD, Zaleski W, Reardon ML, Haman F, Ducharme MB. Muscle temperature transients before, during, and after exercise measured using an intramuscular multisensor probe. *Journal of Applied Physiology*. 2003;94(6):2350-7.
24. Flouris AD, Webb P, Kenny GP. Noninvasive assessment of muscle temperature during rest, exercise, and postexercise recovery in different environments. *Journal of Applied Physiology*. 2015;118(10):1310-20.
25. Mohr M, Draganidis D, Chatziniolaou A, Barbero-Alvarez JC, Castagna C, Douroudos I, et al. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *European journal of applied physiology*. 2016;116(1):179-93.