

Resposta da Temperatura da Pele das Mãos Durante a Realização de Teste Submáximo em Cicloergômetro

Alex de Andrade Fernandes¹, Alisson Gomes da Silva², Juscélia Cristina Pereira², Myrian Augusta Araújo Neves do Valle², Rafael Gonçalves Silva², João Carlos Bouzas Marins²

1. Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), Departamento de Educação Física, Bambuí – MG – Brasil.

2. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Educação Física, Viçosa – MG – Brasil.

e-mail: joabouzas@yahoo.com.br

Resumo — A termografia tem sido utilizada como uma técnica que pode auxiliar na compreensão de ajustes termorregulatórios em exercício. O objetivo deste estudo é analisar o comportamento da temperatura da pele das mãos durante um teste progressivo submáximo em cicloergômetro de membros inferiores. **Materiais e métodos:** Doze homens fisicamente ativos foram submetidos a um teste progressivo submáximo em cicloergômetro de membros inferiores, sendo que foram obtidas imagens termográficas do dorso das mãos antes do exercício, a cada minuto durante o teste, e no terceiro minuto após a sua interrupção. Os resultados mostraram uma redução significativa da temperatura da pele do dorso das mãos a partir do quarto minuto até o terceiro minuto após o término do exercício. Pode-se concluir que a temperatura da pele das mãos reduz significativamente com o exercício progressivo de curta duração em cicloergômetro de membros inferiores.

Palavras-chave: Termografia, exercício, temperatura da pele.

Abstract — Thermography has been used as a technique that may assist in understanding of thermoregulatory adjustments during exercise. The aim of this study is to analyze the behavior of hands skin temperature during a submaximal progressive test in cycle ergometer of lower limbs. **Materials and methods:** Twelve physically active men were submitted to a progressive submaximal test on cycle ergometer of lower limbs, and thermographic images of the hands' back were taken before the exercise, every minute during the test, and in the third minute after interrupt. **Results:** The results showed a significant decrease of skin temperature from the back of the hands since the fourth minute until the third minute after the interruption of the exercise. It was concluded that the skin temperature from the dorsum of the hands decreases significantly through progressive short duration exercise on cycle ergometer of lower limbs.

Keywords: thermography, exercise, skin temperature.

1. INTRODUÇÃO

A realização do exercício físico exige uma série de ajustes específicos do organismo como modificações dos sistemas autonômico, cardiovascular, pulmonar e metabólico com objetivo de se adaptar as novas demandas provocadas pela atividade (1). Uma importante resposta fisiológica é a distribuição do fluxo sanguíneo nas diferentes regiões corporais, onde normalmente vai existir uma competição entre os músculos ativos que necessitam deste aporte para manter a atividade, e a pele para ajudar na perda de calor (1, 2).

O fluxo sanguíneo cutâneo apresenta correlação direta com a temperatura da pele (T_p), onde na condição de baixo fluxo sanguíneo registram-se baixos valores da T_p e em condição de alto fluxo sanguíneo observam-se maiores valores da T_p (3, 4).

O exercício de carga progressiva tem sido associado a uma resposta de vasoconstricção cutânea que está relacionada e acompanhada com uma redução da T_p (1, 5, 6). Assim, a redistribuição do fluxo sanguíneo cutâneo das extremidades e visceral requer níveis elevados de vasodilatação no músculo ativo e que este seja capaz de receber o fluxo de sanguíneo redistribuído (1, 7).

Alguns estudos têm utilizado a termografia infravermelha como uma técnica que pode auxiliar na compreensão de ajustes termorregulativos tendo em vista que mudanças na T_p podem fornecer informações interessantes relacionadas à eficiência do sistema termorregulatório durante o exercício (8, 9), além de alterações metabólicas relacionadas com a recuperação da homeostase após o exercício (10).

Desta forma o objetivo deste estudo é analisar o comportamento da T_p das mãos durante a realização de um teste progressivo submáximo em cicloergômetro de membros inferiores em indivíduos fisicamente ativos.

2. METODOLOGIA

Doze indivíduos do sexo masculino [idade = $24,41 \pm 6,68$ anos, massa corporal = $72,77 \pm 7,21$ kg, estatura = $175,5 \pm 0,05$ cm, IMC = $23,49 \pm 2,33$ kg/m², percentual de gordura corporal (%GC) = $11,7 \pm 3,5$ %, VO_2 máximo estimado (VO_2 MáxEs) $54,56 \pm 4,85$ ml (kg.min)⁻¹] praticantes regulares de atividade física participaram voluntariamente deste estudo.

A capacidade cardiorrespiratória dos voluntários foi mensurada por meio do analisador de gases metabólicos (VO2000, Aerosport, MedGraphics, St. Paul, Minnesota) durante um teste em cicloergômetro eletromagnético (SCIFIT modelo ISSO1000, Oklahoma, Estados Unidos) e analisadas pelo software Aerograph 4.3 (Medical Graphics Corporation). O teste ergométrico foi composto por 3 minutos de aquecimento com carga correspondente à massa corporal de cada voluntário (0,5 watts/kg) (11), e a partir disso foram adicionados 30 watts a cada minuto até que se atingisse 85% da frequência cardíaca (FC) máxima calculada pela equação FC máxima = $202 - 0,72 \times (\text{Idade})$ (12). O valor de FC referente a 85% foi determinado pela seguinte equação: frequência cardíaca de treino (FCT) = % (FC máxima - FC repouso) + FC repouso (13).

Com a intenção de preservar a integridade física do voluntário e em conformidade com Marsh (14), foi adotado o VO_2 MáxEs para o cálculo da carga de trabalho. Esse valor foi obtido a partir da equação gerada por uma regressão linear com os valores de FC e do consumo de oxigênio (VO_2) registrados durante o exercício até o momento em que este foi interrompido (85% da FC máxima).

O experimento foi realizado em uma sala devidamente preparada sem iluminação natural, e condições ambientais de temperatura mantidas através de um condicionador de ar quente/frio, sendo que a temperatura permaneceu em $24,3 \pm 0,7^\circ\text{C}$ e umidade relativa em $62,2 \pm 3,7\%$. O fluxo de ar não foi direcionado para a área de realização do exercício ou de coleta das imagens, de modo que nestes locais a velocidade do vento foi medida através de um anemômetro digital (*Instrutherm AD-250*) e foi considerada nula. A iluminação da sala foi feita de forma artificial por meio de lâmpadas fluorescentes.

Os indivíduos foram orientados a não consumir álcool ou cafeína, não usar qualquer tipo de creme ou loções na pele nas 6 horas que precederam as medições, além de não executar atividade física vigorosa nas 24 horas anteriores.

Previamente à obtenção dos termogramas foi respeitado um período de no mínimo dez minutos de aclimação (15). Durante esse momento os indivíduos permaneceram em pé e foram orientados a não realizar movimentos bruscos, não cruzar os braços e não se coçar.

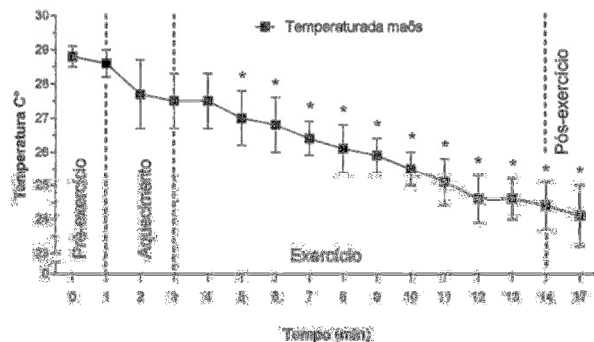
A captação das imagens foi realizada pela câmera TiR-25 (FLUKE[®]) com resolução de 160 x 120 pixels, a uma distância de 2m, ao nível das

mãos dos indivíduos, com as mãos abertas posicionadas com o braço em abdução. A coleta das imagens foi feita durante o exercício com o avaliado sentado no cicloergômetro, não havendo interrupção. A emissividade foi configurada em 0,98 (16). As imagens foram captadas antes, em todos os minutos durante o aquecimento e exercício, e após 3 minutos da sua interrupção, e o software *SmartView 3.1* (FLUKE®) foi utilizado para a obtenção dos valores de T_p . A região corporal de interesse do dorso da mão foi demarcada com uma ferramenta retangular utilizando como pontos anatômicos de referência a junção do 3º metacarpo com a 3ª falange proximal e processo estiloide da ulna, conforme preconizado por Moreira (17).

O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a normalidade dos dados. Para comparação da T_p no momento pré-exercício com os demais, utilizou-se a ANOVA One-Way para medidas repetidas, seguida do post-hoc de Holm-Sidak. O nível de significância adotado foi de $P < 0,05$. Todas as análises foram conduzidas no programa estatístico Sigmaplot versão 12.0.

3. RESULTADOS

A Figura 1 apresenta o comportamento da T_p nos momentos pré-exercício, a cada minuto de exercício e após 3 minutos de sua interrupção.



*diferença estatística significativa entre o momento pré-exercício e os demais.

Figura 1. Resposta da T_p nos momentos pré-exercício, a cada minuto de exercício e após 3 minutos de interrupção do exercício, valores apresentados em graus Célsius (°C).

A Figura 2 apresenta um conjunto de imagens termográficas que ilustram os momentos pré-exercício, com 5 minutos de exercício e após 3 minutos de interrupção do exercício. Em uma análise qualitativa é possível observar claramente como ocorre o processo de redução da T_p quando

comparado à situação de repouso, com cinco minutos de exercício e após sua finalização.

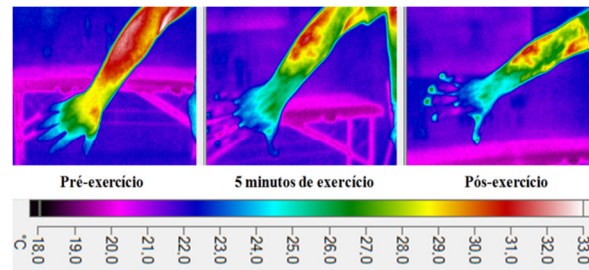


Figura 2. Conjunto de imagens termográficas captadas nos momentos pré-exercício, com 5 minutos de exercício e após 3 minutos de interrupção do exercício, valores apresentados em graus Célsius (°C).

4. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar o comportamento da T_p das mãos durante a realização de um teste progressivo submáximo em cicloergômetro de membros inferiores com ciclistas. Os resultados obtidos indicam que a T_p das mãos reduz de maneira significativa durante a realização do teste progressivo submáximo em cicloergômetro, confirmando assim os achados de outros estudos (18, 19, 20) em que existe uma vasoconstrição de áreas inativas de exercício para áreas ativas com objetivo de suprir as demanda de oxigênio da região corporal que está sendo exercitada.

A redução da T_p nas mãos pode ser observada quantitativamente (Figura 1) a partir do início do aquecimento sendo estatisticamente significativas com 3 minutos de exercício no teste progressivo em diante.

Resultados semelhantes também foram encontrados em estudos (18, 20, 21) onde os avaliados realizaram o exercício de carga progressiva até a máxima capacidade aeróbica.

Esta queda de T_p nas mãos pode ser atribuída principalmente a uma resposta cutânea vasoconstritora, controlada por nervos do sistema simpático adrenérgico e modulada pela ação de neurotransmissores noradrenérgicos como a noraepinefrina e neuropeptídeo Y (1, 5, 22, 23). Ou seja, por períodos relativamente curtos e no exercício de carga progressiva parece ser mais importante para organismo à redistribuição do fluxo sanguíneo das regiões cutâneas para os músculos em atividade do que a transferência de

calor para periferia com a intenção de perder calor.

No final do exercício as reduções da T_p do grupo estudado chegaram a 15%, passando de uma média de 28,6°C no pré-exercício para 24,4°C logo após o exercício. No presente estudo, o tempo de exercício e a intensidade foram inferiores ao do estudo de Merla et al. (21) que levou os indivíduos a cargas máximas de trabalho em esteira, indicando assim que mesmo em situações de exercícios submáximos as respostas da T_p tendem a ser semelhantes.

Esta investigação reforça o dinamismo dos ajustes termorregulativos corporais mesmo em condições de exercícios submáximos. Compreender como ocorrem estes ajustes é importante na busca de melhores estratégias de resfriamento corporal, principalmente em ambientes de calor, assim como no desenvolvimento tecnológico de vestuário voltado para reter ou acelerar a perda de calor corporal.

5. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que a T_p das mãos reduz significativamente com a ação do exercício de carga progressiva de curta duração em cicloergômetro de membros inferiores. Desta forma, a termografia infravermelha pode se mostrar um importante procedimento para avaliação da T_p sendo esta um indicador do fluxo sanguíneo cutâneo e consequentemente de respostas termorregulatórias a diferentes níveis metabólicos de exercício.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa de mestrado, a FAPEMIG pelo financiamento do projeto número 00356-11, e ao Curso de Especialização em Futebol da UFV pela aquisição do equipamento.

REFERÊNCIAS

1. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2010;20(3):29-39.
2. Johnson JM, Kellogg DL Jr. Thermoregulatory and thermal control in the human cutaneous circulation. *Frontiers in Bioscience*. 2010;2:825-53.
3. Sawka MN, Cheuvront SN, Kenefick RW. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Experimental Physiology*. 2012;97(3):327-32.
4. Wissler EH. A quantitative assessment of skin blood flow in humans. *European Journal of Applied Physiology*. 2008;104(2):145-57.
5. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *Journal of Applied Physiology*. 2010;109(4):1221-8.
6. Kenney WL, Johnson JM. Control of skin blood flow during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1992;24(3):303-12.
7. Thomas GD, Segal SS. Neural control of muscle blood flow during exercise. *Journal of Applied Physiology*. 2004;97(2):731-8.
8. Fernandes AA, et al. Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. *Physiological Measurement*. 2014;35(2):189-203.
9. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors*. 2010;10(5):4700-15.
10. Chudecka M, Lubkowska A. Temperature changes of selected body's surfaces of handball players in the course of training estimated by thermovision, and the study of the impact of physiological and morphological factors on the skin temperature. *Journal of Thermal Biology*. 2010;35(8):379-385.
11. Marins JCB. Avaliação cardiorrespiratória aplicada ao ciclismo "indoor". In: Domingues Filho LA, editor. *Ciclismo indoor: guia teórico prático*. Jundiaí: Fontoura; 2005. p. 45-71.
12. Jones NL, et al. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *The American Review of Respiratory Disease*. 1985;131(5):700-8.
13. Karvonen M J, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Annales Medicinæ Experimentalis et Biologiae Fenniae*. 1957;35(3):307-15.
14. Marsh CE. Evaluation of the American College of Sports Medicine submaximal treadmill running test for predicting VO_{2max} .

Journal of Strength and Conditioning Research. 2012;26(2):548-54.

15. Marins JCB, et al. Time required to stabilize thermographic images at rest. *Infrared Physics and Technology*. 2014;65:30-5.

16. Steketee J. Spectral emissivity of skin and pericardium. *Physics in Medicine and Biology*. 1973;18(5):686-94.

17. Moreira DG. Termografia corporal de repouso de homens e mulheres [dissertação]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2011.

18. Nakayama T, Ohnuki Y, Kanosue K. Fall in skin temperature during exercise observed by thermography. *Japanese Journal of Physiology*. 1981;31(5):757-62.

19. Torii M, Yamasaki M, Sasaki T, Nakayama H. Fall in skin temperature of exercising man. *British Journal of Sports Medicine*. 1992;26:29-32.

20. Zontak A, et al. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Annals of Biomedical Engineering*. 1998;26(6):988-93.

21. Merla A, et al. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Annals of Biomedical Engineering*. 2010;38(1):158-63.

22. Gonzalez-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *The Journal of Physiology*. 2008;586(1):45-53.

23. Kellogg Jr DL. In vivo mechanisms of cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans during thermoregulatory challenges. *Journal of Applied Physiology*. 2006;100(5):1709-18.