



Revisión

ARTÍCULO EN PORTUGUÉS

Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: uma revisão sistemática

A.A. Fernandes^a, P.R.S. Amorim^a, T.N. Prímola-Gomes^a, M. Sillero-Quintana^b, I. Fernández Cuevas^b, R.G. Silva^a, J.C. Pereira^a e J.C.B. Marins^b

^aLaboratório de Performance Humana. Departamento de Educação Física. Universidade Federal de Viçosa (UFV). Viçosa. MG. Brasil.

^bLaboratorio de Actividad Física. Instituto Nacional de Educación Física. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España.

RESUMEN

Historia del artículo:

Recibido el 15 de febrero de 2012

Aceptado el 26 de agosto de 2012

Palabras clave:

Ejercicio.

Termografía.

Temperatura de la piel.

Termómetros.

La regulación de la temperatura corporal.

Evaluación de la temperatura de la piel durante el ejercicio a través de la termografía infrarroja: una revisión sistemática

Objetivo. Describir los cambios en la temperatura de la piel (Tp) durante el ejercicio registrado por medio de termografía infrarroja.

Método. Se realizó una revisión sistemática de la literatura utilizando los términos ejercicio y termografía en las bases de datos de MEDLINE/PubMed, IEEEXplore y SciELO teniendo como principales factores de inclusión, estudios con humanos sin ningún tipo de problema físico o metabólico.

Resultados. Tras el proceso de exclusión, fueron seleccionados ocho artículos. La Tp tiende a disminuir al inicio del ejercicio, de manera que su magnitud depende de la duración e intensidad de la actividad propuesta. En ejercicios con carga progresiva se observa una continua reducción de la Tp en comparación con los valores de reposo. Sin embargo, en ejercicios prolongados, la Tp puede variar según la región corporal evaluada con reducción, mantenimiento o incluso un aumento térmico, como sucede en las principales regiones musculares involucradas en el ejercicio. La Tp presenta respuestas específicas durante el ejercicio en función de la región corporal y la necesidad de pérdida de calor.

Conclusión. La Tp disminuye en la fase inicial del ejercicio. La manera de realizar el ejercicio de perfil máximo o submáximo determina la respuesta de la Tp. No existe una respuesta homogénea en la Tp entre las diferentes regiones corporales, demostrando así la extrema complejidad del proceso de control de la temperatura central. Consecuentemente, la termografía infrarroja puede ser un valioso instrumento para hacer un seguimiento tanto de la respuesta térmica local como de la general.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

ABSTRACT

Evaluation of skin temperature during exercise by infrared thermography: a systematic review

Objective. To describe the changes on Skin Temperature (Tsk) during exercise through Infrared Thermography.

Method. A systematic review of the current literature was made, using the keywords "exercise" and "thermography" on the database MEDLINE/PubMed, IEEEXplore and SciELO. The research was made including the articles done with healthy humans without any physical or metabolic impairment.

Results. After the exclusion process eight articles were selected. Tsk has the tendency to decrease at the beginning of the exercise, depending on the duration and intensity of the task. In graded exercises a continuous reduction on Tsk was observed. Nevertheless, a bigger duration could lead to different thermal responses depending on the body area: reduction, maintenance or even an increase on the main regions involved on the exercise. Tsk has specific thermal responses depending on the body region and the heat loss necessities.

Conclusion. Tsk decreases during the early stages of exercise. The thermal response will depend on the way of doing the maximal or submaximal exercise. There is a heterogeneous thermal response of Tsk between the different body regions, showing the extremely complexity of body temperature control. Therefore, Infrared Thermography could be a valuable tool in order to monitor both the local or the main thermal responses.

© 2012 Revista Andaluza de Medicina del Deporte.

Key words:

Exercise.

Infrared thermography.

Skin temperature.

Thermometer.

Regulation of body temperature.

Correspondência:

Universidade Federal de Viçosa.

Departamento de Educação Física.

Av. PH Rolfs s/n - Campus Universitário.

CEP: 36570 000. Viçosa. MG. Brasil.

E-mail: alex.andrade@ufv.br

Introdução

Através dos receptores térmicos presentes na pele, o corpo humano reconhece as diferentes condições ambientais como frio ou calor, em que, para cada uma dessas condições, existe uma resposta fisiológica específica, como a vasoconstrição periférica, induzida pela baixa temperatura, ou a vasodilatação periférica, em resposta à temperatura elevada¹. A pele é um órgão fundamental na manutenção da temperatura central (Tc) dentro de uma faixa de normalidade 36,1-37,8°C, tendo em vista que esta deve ser preservada a fim de resguardar as funções vitais do organismo².

Durante a realização do exercício físico, ocorre um aumento da taxa metabólica e conseqüente aumento do calor interno^{3,4}. Isso modifica o equilíbrio térmico de perda e ganho de calor com o meio ambiente, sendo necessário ativar o mecanismo responsável pela perda de calor, mediado pelo complexo sistema de *feedback* hipotalâmico^{4,5}. Essas alterações implicam em uma redistribuição da circulação sanguínea das áreas inativas para as ativas durante o exercício. Posteriormente, com a continuidade do exercício, ocorre o redirecionamento do fluxo sanguíneo para a pele, com o objetivo de trocar calor com o meio ambiente^{1,6}. Dessa forma, o exercício é considerado um agente perturbador da homeostase térmica⁷.

Com exceção do exercício em ambiente aquático –onde o processo de perda de calor por condução está muito presente–, em atividades como a corrida e o ciclismo têm-se os mecanismos de radiação, convecção e principalmente evaporação como responsáveis pelo controle térmico⁵. Esses processos visam refrigerar a pele de forma que o sangue que a perfunde retorne às regiões corporais internas em uma menor temperatura, evitando, assim, um quadro perigoso de hipertermia⁸.

O monitoramento da temperatura retal, esofágica e gastrointestinal é considerado o procedimento mais recomendado para mensurar a Tc. Por sua praticidade e confiabilidade, a temperatura retal é o método mais utilizado, principalmente em estudos laboratoriais⁹. Contudo, para monitorar a temperatura da pele (Tp), diferentes métodos de avaliação têm sido utilizados, como por exemplo, os termômetros de mercúrio, químico e os diferentes tipos de termosensores de contato⁹⁻¹³. Destaca-se o fato de todos estes métodos envolverem contato entre o equipamento e a pele. Um tipo de termômetro que tem sido utilizado é o infravermelho, onde o contato com a pele não é necessário¹⁴. Outra possibilidade de monitoramento da Tp corresponde ao emprego da termografia infravermelha (TIR), em que é possível visualizar não somente uma região corporal de interesse (RCI) específica (análise local), como também uma visão ampla de todo o processo termorregulativo atuante, possibilitando uma visão global. Uma das principais vantagens dessa técnica corresponde ao fato que a leitura da Tp não requer contato físico com o avaliado¹⁴, mantendo, assim, seus movimentos de forma natural em condição de exercício.

A TIR pode ser considerada uma alternativa metodológica emergente nos estudos que envolvem a análise da Tp^{15,16}. Trata-se de uma técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho e permite visualizar a temperatura da superfície corporal em tempo real com alta sensibilidade, até 0,025°C, e precisão, chegando a 1%, de forma não invasiva e sem contato físico com o avaliado¹⁴⁻¹⁷. É importante destacar que essa técnica quantifica a temperatura irradiada da pele; situação diferente de um termosensor de contato, que capta por condução a temperatura, não somente da pele como também a temperatura corporal em tecidos mais profundos⁸. Essas diferenças nas formas físicas de registro da temperatura são importantes para compreender os complexos sistemas de perda de calor que são atuantes durante e após o exercício¹⁸⁻²⁰.

É importante estabelecer a maneira como os ajustes térmicos da Tp ocorrem durante as mais variadas formas de exercício físico. Isso possibilitará um maior conhecimento sobre os ajustes termorregulatórios, auxiliando na elaboração de melhores estratégias de refrigeração corporal, vestimentas adequadas quanto ao tipo de tecido, cor, quantidade, além do impacto dos procedimentos de hidratação, ou mesmo de certos medicamentos que podem afetar a termogênese corporal. São exemplos os diuréticos, consumidos, em muitos casos, pelos hipertensos que realizam exercício.

O emprego da TIR em condição de repouso já está bem descrito, sendo foco de estudos principalmente na área médica, associado ao câncer^{21,22}, a doenças circulatórias²³ ou a lesões musculares²⁴. Porém, são raros os estudos que utilizaram da TIR como a principal técnica de avaliação da Tp em situação de exercício. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é descrever as mudanças na Tp durante o exercício físico obtido através da TIR.

Métodos

Ao longo dos meses de fevereiro e março de 2012, realizou-se uma revisão sistemática com pesquisa bibliográfica da literatura específica, pelo período de janeiro de 1950 a fevereiro de 2011, utilizando-se os seguintes termos: (*exercise*) and (*thermography*). Estes foram pesquisados via Descritores em Ciência da Saúde/*Medical Subject Headings (MeSH)*, nas bases de dados da *MEDLINE/PubMed*, *IEEEExplore* e *SciELO*. As etapas da pesquisa e os critérios de inclusão e exclusão são apresentados na figura 1.

A pesquisa eletrônica foi realizada por dois avaliadores experientes neste tipo de assunto, de forma independente e em momentos distintos, sendo posteriormente cruzados os dados para verificar a concordância entre as pesquisas. No caso de discordância entre os avaliadores, um terceiro avaliador independente posicionava-se a respeito da inclusão ou exclusão do estudo.

Resultados

A figura 1 apresenta as etapas da pesquisa e os resultados em cada base de dados. Após uma análise detalhada considerando os critérios de in-

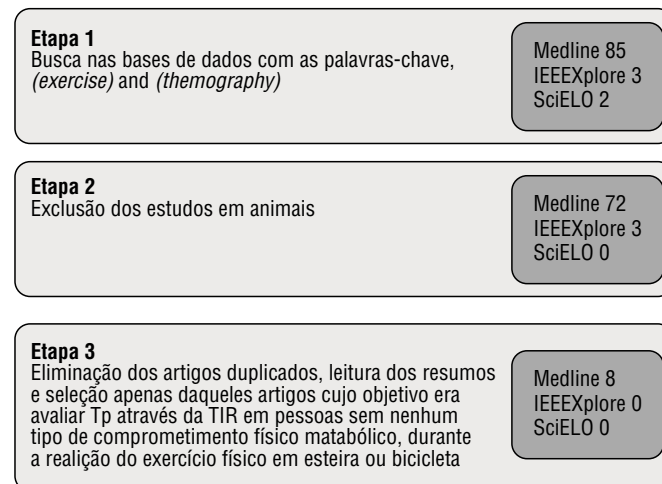


Fig. 1. Etapas da pesquisa e resultados em cada base de dados.
Fonte: dados da pesquisa.

Tabela 1

Resumo dos artigos sobre avaliação da Tp durante o exercício com termografia

Autor	Gênero	n	Protocolo de exercício	Principais resultados
Clark et al 1977 ²⁰	M	2	Corrida em câmara climática e ao ar livre a 11 °C, durante 1 h 15 min.	No início há ↓ da Tp em algumas regiões, com ↑ da Tp na musculatura ativa e posterior ↑ da Tp nas mãos e braços. Resposta similar da Tp ao ar livre e no ambiente de laboratório
Nakayama et al 1981 ²⁵	M	4	Exercício em bicicleta ergométrica durante 10 min e em três intensidades (150, 300 e 450Kpm/min)	Com início do exercício ↓ da Tp no peitoral, braços e mãos, ↓ mais acentuada com aumento da carga de exercício
Hirata et al 1989 ²⁶	M	8	Exercício em bicicleta ergométrica durante 30 min e ergômetro de braço pelo mesmo tempo	Após 20 min de exercício na bicicleta ↑ na Tp das mãos. Para o exercício de braço pequeno ↑ da Tp dos pés
Torii et al 1992 ²⁷	M	10	Exercício em bicicleta ergométrica com carga de trabalho 50 e 150W respectivamente. Tempo de exercício 9 min.	Com início do exercício ↓ da Tp no peitoral, braços e mãos, ↓ mais acentuada com aumento da carga
Hunold et al 1992 ²⁸	M; F	5;1	Exercício em bicicleta ergométrica durante 10 min com carga de 100W	↓ da Tp nos 5 primeiros min na musculatura ativa, seguida de posterior ↑
Zontak et al 1998 ¹⁹	M	10	Exercício em bicicleta ergométrica a 50 e 70% do VO ₂ ^{máx} durante 20 min. Teste progressivo máximo	↓ da Tp dos dedos e das mãos no início do exercício, seguida de um ↑ após 8 min, resposta igual para intensidades 50 e 70% ↓ da Tp das mãos durante toda realização de um teste máximo
Vainer 2005 ²⁹	M	2	Exercício em bicicleta ergométrica durante 60 min.	↑ da Tp da musculatura da ativa, após o período de exercício. ↓ da Tp na região do peitoral nos primeiros 15 min de exercício
Merla et al 2010 ³⁰	M	15	Teste progressivo máximo em esteira	↓ da T nas coxas e antebraços no início do exercício e posterior ↑ durante a recuperação

F: feminino; M: masculino; ↑: aumento; ↓: redução.

Fonte: dados da pesquisa.

clusão e exclusão presentes nas diferentes etapas, somente 8 (oito) artigos com seres humanos foram considerados para avaliação documental.

Na tabela 1 são apresentados os principais resultados dos artigos em humanos discutidos nesta revisão apresentando o gênero, o número de avaliados, o protocolo de exercícios, bem como os principais resultados.

Discussão

O principal objetivo deste estudo foi descrever as alterações na Tp durante exercício obtido através da TIR. Tomando como base os critérios de seleção adotados (fig. 1), é surpreendente o escasso número de estudos que envolveram a TIR em condições de exercício, indicando, assim, um campo de estudo que ainda deve ser aprofundado.

Ao analisar a cronologia das pesquisas que utilizaram a TIR para avaliação da Tp durante o exercício, temos que o primeiro estudo data de 1977 Clark et al²⁰, seguido de mais dois trabalhos na década de 1980^{25,26}, três na década de 1990^{19,27,28}, um em 2005²⁹ e o mais recente em 2010³⁰. O reduzido número de estudos recentes aplicando a TIR em situação de exercício pode ser explicado pela preferência dos laboratórios de pesquisa por outros equipamentos, como os termosensores de contato; uma vez que os equipamentos de TIR mais antigos apresentavam como principais pontos negativos a dificuldade de mobilidade, a baixa resolução e o alto custo. Entretanto, atualmente estes equipamentos são portáteis, apresentam alta sensibilidade térmica, resolução e precisão nas medidas, tornando-se uma alternativa interessante para o estudo das respostas termorregulatórias durante o exercício.

A diversidade de resultados apresentados entre os oito estudos avaliados é decorrente de duas condições bem diferentes na forma de exercício proposto. Alguns estudos se caracterizaram por manter a intensidade constante durante certo período de tempo com atividade sustentada^{20,25-29}, enquanto outros testaram em dias distintos os efeitos de diferentes intensidades de exercício, porém sem atingir ao máxi-

mo^{25,27}. Já os trabalhos de Zontak et al¹⁹ e Merla et al³⁰ submeteram os avaliados em uma escala progressiva até sua capacidade máxima. Está claro que essas ações metodológicas diferenciadas são determinantes para tipo de resposta da Tp.

Um ponto em comum de todos os estudos apresentados na tabela 1 foi a uma redução da Tp em diversas RCI nos momentos iniciais do exercício. Para os autores pesquisados essa redução inicial ocorre devido a uma ação de direcionamento do fluxo sanguíneo para a musculatura ativa, gerada por uma vasoconstrição cutânea reflexa. Considerando que essa resposta foi observada em diferentes partes do corpo, nos momentos iniciais do exercício onde a produção de suor ainda não está presente, pode-se considerar que esses ajustes sanguíneos na pele utilizam do processo de vasoconstrição dos vasos sanguíneos. Sendo assim, oferece maior fluxo de sangue e, conseqüentemente, mais oxigênio para a região muscular que está sendo exercitada³¹.

Contudo, superada essa fase inicial do exercício, com uma queda da Tp, as respostas poderão ser diferentes em função de uma série de fatores. Dentre esses se destacam como principais a duração e a intensidade do exercício. Quando sustentado por maior tempo com a mesma intensidade, observa-se uma elevação da Tp nas regiões das mãos, antebraços e braços, e, principalmente, nas regiões em exercício, como no estudo de Clark et al²⁰. Este autor, durante uma corrida de 75 minutos, registrou um aumento da Tp durante o exercício na musculatura ativa, sendo esta resposta em decorrência da transferência de calor direta dos músculos ativos para a superfície da pele. Outros exemplos correspondem ao trabalho de Hirata et al²⁶, em que se observou um aumento acentuado da Tp nas mãos após 20 minutos de exercício; de Zontak et al¹⁹, com aumento da Tp nas mãos após 8 minutos; e de Hunold et al²⁸, em que esse aumento foi identificado com apenas 10 minutos na musculatura ativa durante trabalho contínuo.

O aumento da temperatura das mãos^{19,20,26} poderia justificar a prática adotada por alguns atletas em provas de triatlão tipo Ironman, que utilizam luvas colocando pedras de gelo em seu interior, visando aumentar

a capacidade de refrigeração do sangue. Esta pode ser uma estratégia válida de forma que a TIR poderia contribuir para estabelecer a magnitude deste impacto na Tp.

Por outro lado, quando o exercício apresenta uma progressão da intensidade de forma contínua até o máximo e duração inferior a 15 minutos a temperatura da pele é reduzida, como ocorreu nos trabalhos de Zontak et al¹⁹ e Merla et al³⁰. Nestes, durante 12 minutos de exercício de corrida de forma progressiva, houve uma redução na Tp em todos os pontos monitorados, sendo de aproximadamente de 5,0°C nos antebraços, 3°C no tronco e 4,6°C nos quadríceps. Esse fenômeno estaria, em grande parte, sendo causado pelo processo de evaporação do suor na pele na tentativa de aumentar a diferença de gradiente térmica entre a pele e o sangue, de forma que, ao resfriá-lo, mantenha a temperatura interna em níveis aceitáveis¹. O incremento constante da carga de exercício, como realizado nos trabalhos supracitados, também tem sido associado por causar uma resposta vasoconstritora cutânea de forma contínua, dependente do sistema adrenérgico¹³¹.

Os trabalhos que fizeram aumento gradual de intensidade em diferentes estágios em cicloergômetro, sem atingir o máximo, também observaram uma resposta de redução da Tp, como foi o caso de Nakayama et al²⁵ e Torii et al²⁷, com três e duas cargas submáximas, respectivamente.

Não existem dúvidas que durante a realização de um exercício ocorre um aumento da Tc diretamente dependente da intensidade do mesmo^{32,33}. Entretanto, para que essa temperatura não atinja níveis perigosos o hipotálamo por meio de vários estímulos nervosos (centrais e periféricos), como a temperatura do sangue, pressão arterial e nível de atividade metabólica, controla os mecanismos vasoconstricção em áreas inativas e vasodilatadoras para a pele, de forma que em condições extremas se pode atingir entre 6 e 8 l/min de sangue¹. Esse maior fluxo de sangue para a pele tem duas funções na tentativa de resfriá-la: a) estimular as glândulas sudoríparas para produzirem mais suor, que, por sua vez, quando evaporado possa refrescar a pele e conseqüentemente o sangue reduzindo o calor corporal¹; b) baixar a temperatura do sangue por meio do processo de convecção quando o ambiente está mais frio do que a pele¹⁸. Assim, a TIR capta a temperatura irradiada da pele, obtendo um registro sobre o que está ocorrendo nesse contexto físico⁸.

Não foram identificados estudos que utilizaram a TIR em situações de exercício contínuo de longa duração com mais de duas horas de atividade, como em provas de triatlon, maratona ou ciclismo. Nessas situações, o nível de desidratação pode atingir níveis perigosos em função da elevada perda hídrica e de condições ambientais desfavoráveis de calor e umidade, ou mesmo pelo inadequado consumo de líquidos, provocando, assim, em casos mais extremos, uma interrupção do mecanismo de sudorese. Isso provocaria um aumento da Tc^{5,34,35} como Tp⁵, podendo essa última ser captada pela TIR, o que evitaria que os praticantes atingissem níveis térmicos críticos. Dessa maneira, a TIR poderia ser aplicada como forma de prevenção em provas de longa duração onde são habituais registros de distúrbios térmicos⁵.

A TIR pode ilustrar a complexidade do controle térmico nas diferentes partes do corpo. No trabalho de Hunold et al²⁸, por exemplo, foi possível observar que dentro da distância de alguns centímetros podem ser encontradas diferenças superiores a 3°C na Tp e diferenças na microcirculação da pele de até 300%. Esses achados são importantes, pois indicam como é dinâmico e complexo o processo de vasodilatação e vasoconstricção durante a realização do exercício. Nesse sentido, a TIR seria útil para mapear a superfície da pele com o objetivo de determinar os pontos de fixação dos termosensores de contato.

Em função do número restrito de trabalhos encontrados sobre essa temática, do baixo número de sujeitos avaliados em alguns estudos^{20,25,28,29} e conseqüente ausência de tratamento estatístico, deve-se ter prudência ao analisar as conclusões desses estudos. Os resultados apontam para evidências científicas importantes e que devem ser confirmadas ou rejeitadas em outras investigações com desenhos metodológicos mais elaborados.

Como toda tecnologia, a TIR apresenta algumas limitações: a) devem ser desenvolvidos *softwares* de análises de imagens termográficas adaptados a seres humanos que sejam capazes de analisar imagens de forma mais rápida e com diferenciação das RCI; b) deve ser considerada a possibilidade de diversidade de resultado em função das diferentes câmeras de TIR existentes no mercado; c) um grande número de câmeras possui uma margem de erro de 2% sobre o valor de leitura, necessitando melhorar sua precisão.

Apesar dessas limitações, a TIR pode ser uma ferramenta importante para o entendimento da resposta térmica da pele durante o exercício. Existem várias possibilidades de estudo relacionando os ajustes termorregulatórios com o exercício em diferentes populações como mulheres, crianças e idosos; além do nível de interferência de diferentes condições ambientais (temperatura e umidade), tipo de vestimentas, ações de hidratação, medicamentos, assim como formas de exercício diversificadas em ambientes aquáticos ou de perfil acíclico intermitente como o futebol, handebol e outras modalidades. Dessa forma, existe uma diversidade de novas linhas de investigação ainda não exploradas e interessantes sobre as respostas térmicas, obtida através da TIR, permitindo uma análise da Tp tanto global como local, procedimento inviável com outras formas de registro da Tp.

Conclusões

Com base nas evidências científicas encontradas, conclui-se que a Tp diminui na fase inicial do exercício. Posteriormente, dependendo da forma de realização da atividade quanto à duração e intensidade, a Tp pode continuar uma curva descendente, principalmente quando o exercício for progressivo até níveis máximos e de curta duração. Ou, por outro lado, aumentar nas regiões musculares ativas do exercício quando este for mantido com intensidade constante ou duração média e longa. Também é evidente que não existe uma resposta homogênea na Tp entre as diferentes regiões corporais. Isso indica que o processo de controle da Tc é extremamente complexo, de forma que a TIR pode ser um instrumento valioso para analisar tanto a resposta térmica local como global da Tp nas diferentes formas de prática de exercício físico.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de pós-doutorado na área de termografia. À CAPES, pela bolsa de mestrado.

RESUMO

Objetivo. Descrever as alterações na temperatura da pele (Tp) durante exercício através da termografia infravermelha (TIR).

Método. Realizou-se uma revisão sistemática da literatura utilizando os termos (*exercise*) and (*thermography*) nas bases de dados da MEDLINE/PubMed,

IEEExplore e SciELO, tendo como principais fatores de inclusão, estudos com humanos e sem nenhum tipo de comprometimento físico e metabólico durante a realização do exercício físico.

Resultados. Foram selecionados, após processo de filtragem, oito estudos. A Tp tende a diminuir nos momentos iniciais da execução do exercício, sendo sua magnitude dependente da duração e intensidade da atividade proposta. Em exercícios com carga progressiva observa-se uma contínua redução da temperatura da pele em comparação aos valores de repouso. Contudo, em exercícios prolongados, a Tp pode variar segundo a região corporal analisada com redução, manutenção ou mesmo aumento – como é o caso das regiões musculares principais envolvidas no exercício. A Tp apresenta respostas específicas em cada região corporal durante a realização do exercício em função da necessidade de perder calor.

Conclusão. A Tp diminui na fase inicial do exercício. A forma de execução deste de perfil máximo ou submáximo irá determinar a resposta da Tp. Não existe uma resposta homogênea na Tp entre as diferentes regiões corporais indicando assim ser extremamente complexo o processo de controle da temperatura central, de forma que a TIR pode ser um instrumento valioso para analisar tanto a resposta térmica tanto local como global.

Palavras-chave:

Exercício.

Termografia.

Temperatura da pele.

Termômetros.

Regulação da temperatura corporal.

Referências

1. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol.* 2010;109:1221-8.
2. Campbell I. Body temperature and its regulation. *Anaesth Intensive Care.* 2011;12:240-4.
3. Schlader ZJ, Stannard SR, Mündel T. Human thermoregulatory behavior during rest and exercise - a prospective review. *Physiol Behav.* 2010;99:269-75.
4. Shibasaki M, Wilson TE, Crandall CG. Neural control and mechanisms of eccrine sweating during heat stress and exercise. *J Appl Physiol.* 2006;100:1692-701.
5. Marins JCB. Hidratação na atividade física e no esporte: equilíbrio hidromineral. 1.ª ed. Jundiaí: Fontoura; 2011.
6. Mekjavic IB, Eiken O. Contribution of thermal and nonthermal factors to the regulation of body temperature in humans. *J Appl Physiol.* 2006;100:2065-72.
7. Crandall CG, Wilson TE, Kregel KC. Mechanisms and modulators of temperature regulation. *J Appl Physiol.* 2010;109:1219-20.
8. Pascoe DD, Mercer JD, Weerd L. Physiology of thermal signals. En: Diakides NA, Bronzin, JD, editors. *Medical Infrared imaging.* Boca Raton: CRC Press; 2008. p. 6-20.
9. Lim CL, Byrne C, Lee JK. Human thermoregulation and measurement of body temperature in exercise and clinical settings. *Ann Acad Med Singapore.* 2008;37:347-53.
10. Uslu S, Ozdemir H, Bulbul A, Comert S, Bolat F, Can E, et al. A comparison of different methods of temperature measurements in sick newborns. *J Trop Pediatr.* 2011;57:418-23.
11. Van Marken Lichtenbelt WD, Daanen HA, Wouters L, Fronczek R, Raymann RJ, Severens NM, et al. Evaluation of wireless determination of skin temperature using iButtons. *Physiol Behav.* 2006;88:489-97.
12. Davie A, Amooore J. Best practice in the measurement of body temperature. *Nurs Stand.* 2010;24:42-9.
13. López RM, Cleary MA, Jones LC, Zuri RE. Thermoregulatory influence of a cooling vest on hyperthermic athletes. *J Athl Train.* 2008;43:55-61.
14. Martins A, Sá VVB. Variation of skin temperature during and after contrast bath therapy. *Rev Andal Med Deporte.* 2011;4:129-34.
15. Vargas JVC, Brioschi ML, Dias FG, Parolin MB, Mulinari-Brenner FA, Ordoñez JC, et al. Normalized methodology for medical infrared imaging. *Infrared Phys Techn.* 2009;52:42-7.
16. Jiang LJ, Ng EY, Yeo AC, Wu S, Pan F, Yau WY, et al. A perspective on medical infrared imaging. *J Med Eng Technol.* 2005;29:257-67.
17. Lagüela S, González-Jorge H, Armesto J, Arias P. Calibration and verification of thermographic cameras for geometric measurements. *Infrared Phys Techn.* 2011;54:92-9.
18. Hildebrandt C, Raschner C, Ammer K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. *Sensors (Basel).* 2010;10:4700-15.
19. Zontak A, Sideman S, Verbitsky O, Beyar R. Dynamic thermography: analysis of hand temperature during exercise. *Ann Biomed Eng.* 1998;26:988-93.
20. Clark RP, Mullan BJ, Pugh LG. Skin temperature during running-a study using infra-red colour thermography. *J Physiol.* 1977;267:53-62.
21. Levy A, Dayan A, Ben-David M, Gannot I. A new thermography-based approach to early detection of cancer utilizing magnetic nanoparticles theory simulation and in vitro validation. *Nanomedicine.* 2010;6:786-96.
22. Kontos M, Wilson R, Fentiman I. Digital infrared thermal imaging (DITI) of breast lesions: sensitivity and specificity of detection of primary breast cancers. *Clin Radiol.* 2011;66:536-9.
23. Huang CL, Wu YW, Hwang CL, Jong YS, Chao CL, Chen WJ, et al. The application of infrared thermography in evaluation of patients at high risk for lower extremity peripheral arterial disease. *J Vasc Surg.* 2011;54:1074-80.
24. Brioschi ML, Macedo JF, Macedo RAC. Termometria cutânea: novos conceitos. *J Vas Bras.* 2003;2:151-60.
25. Nakayama T, Ohnuki Y, Kanosue K. Fall in skin temperature during exercise observed by thermography. *Jpn J Physiol.* 1981;31:757-62.
26. Hirata K, Nagasaka T, Noda Y. Venous return from distal regions affects heat loss from the arms and legs during exercise-induced thermal loads. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1989;58:865-72.
27. Torii M, Yamasaki M, Sasaki T, Nakayama H. Fall in skin temperature of exercising man. *Br J Sports Med.* 1992;26:29-32.
28. Hunold S, Mietzsch E, Werner J. Thermographic studies on patterns of skin temperature after exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992;65:550-4.
29. Vainer BG. FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. *Phys Med Biol.* 2005;50:R63-94.
30. Merla A, Mattei PA, Di Donato L, Romani GL. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Ann Biomed Eng.* 2010;38:158-63.
31. Johnson JM. Exercise in a hot environment: the skin circulation. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20 Suppl 3:29-39.
32. Hue O, Antoine-Jonville S, Galy O, Blanc S. Maximal oxygen uptake, ventilatory thresholds and mechanical power during cycling in tropical climate in Guadeloupean elite cyclists. *J Sci Med Sport.* 2010;13:607-12.
33. Stannard AB, Brandenburg JP, Pitney WA, Lukaszuk JM. Effects of wearing a cooling vest during the warm-up on 10-km run performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25:2018-24.
34. Terrados N, Calleja-González J, Schelling X. Bases fisiológicas comunes para deportes de equipo. *Rev Andal Med Deporte.* 2011;4:84-8.
35. García-Jiménez JV, Yuste JL. Pérdida de peso y deshidratación en atacantes durante partidos oficiales de fútbol sala. *Rev Andal Med Deporte.* 2010;3:52-6.