

Silva, P., Júnior, L., Figueiredo, V., Cioffi, A., Prestes, M., & Czepielewski, M. (2007). Prevalência do uso de agentes anabólicos em praticantes de musculação de Porto Alegre. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, 51(1), 104-110.

Smart, R., Hughes, P., Jonhston, L., Anumonye, A., Khant, U., & Medinamora, M. (1980). *A methodology for students drug-use surveys*. Geneva.

Tahtamouni, L. H., Mustafa, N. H., Alfaouri, A. A., Hassan, I. M., Abdalla, M. Y., & Yasin, S. R. (2008). Prevalence and risk factors for anabolic-androgenic steroid abuse among Jordanian collegiate students and athletes. *European Journal of Public Health*, 18(6), 661-5. doi:10.1093/eurpub/ckn062

Westerman, M. E., Charchenko, C. M., Ziegelmann, M. J., Bailey, G. C., Nippoldt, T. B., & Trost, L. (2016). Heavy testosterone use among bodybuilders. *Mayo Clinic Proceedings*, 91(2), 175-182. doi:10.1016/j.mayocp.2015.10.027

AUTOR:

Alisson Gomes da Silva^{1,2}
Maicon Rodrigues Albuquerque²
Ciro José Brito³
Samuel Angelo F Oliveira²
Guilherme Martins Stroppa⁴
Manuel Sillero-Quintana⁵
João Carlos Bouzas Marins²

¹ SEF, Esc. Prep. Cadetes do Ar, Barbacena. Minas Gerais (Brasil)

² Lab Performance Humana, Dep. Ed Física, U Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais (Brasil)

³ FEFD, U Federal de Juiz de Fora, Governador Valadares (Brasil)

⁴ FADEUP, U Porto, Porto (Portugal)

⁵ LAAFD, INEF, U Politécnica Madrid (Espanha)

Resposta térmica da pele ao exercício em remoergômetro de alta versus moderada intensidade em homens fisicamente ativos

PALAVRAS CHAVE:

Termografia. Temperatura cutânea. Regulação da temperatura corporal.

RESUMO

Comparou-se a resposta da temperatura da pele (T_p) entre o exercício intenso de curta duração e moderado prolongado. Dezoito homens realizaram o teste de 2000 m (T_{2000m}) e um protocolo de exercício moderado (45 minutos) em remoergômetro. Termogramas foram obtidos antes e após os protocolos, e com 10, 20 e 30 minutos de recuperação. Utilizou-se ANOVA *Two-Way* com post hoc de Tukey para comparar a T_p . No peitoral a T_p reduziu após o T_{2000m} ($p < .001$) e exercício moderado ($p = .003$) e retornou ao *baseline* apenas no moderado ($p = .489$). Na região dorsal superior (DS) a T_p reduziu após os exercícios ($p < .001$) e retornou ao *baseline* 30 minutos após o T_{2000m} ($p = .56$) e 10 minutos após o exercício moderado ($p = .95$). No quadríceps a T_p reduziu após os exercícios ($p = .03$) e retornou ao *baseline* com 10 minutos de recuperação ($p = .974$). No biceps braquial (BB) a T_p aumentou em relação ao *baseline* durante a recuperação ($p < .001$). O exercício intenso de curta duração e moderado prolongado em remoergômetro proporcionam respostas térmicas diferenciadas no peitoral e DS. No BB e quadríceps as respostas térmicas são equivalentes entre estes exercícios.

Correspondência: Alisson Gomes da Silva . Seção de Educação Física. Escola Preparatória de Cadetes do Ar. Barbacena. Minas Gerais (Brasil). (alissongs@gmail.com)

Skin thermal response to high versus moderate-intensity rowing ergometer in physically active men

ABSTRACT

The skin temperature (T_{sk}) response was compared during short duration intense and prolonged-moderate exercises. Eighteen men performed the 2000-m test (T_{2000m}) and a moderate exercise protocol (45 minutes) in rowing ergometer. Thermograms were taken before, after tests and within 10, 20 and 30 minutes of recovery. The Two-Way ANOVA with Tukey post hoc was used to compare the T_{sk} . The T_{sk} on the chest decreased after T_{2000m} ($p < .001$) and moderate exercise ($p = .003$) and returned to the baseline just in the moderate exercise ($p = .489$). On the upper back (UB) the T_{sk} decreased after exercises ($p < .001$) and returned to the baseline 30 minutes after T_{2000m} ($p = .56$) and 10 minutes after moderate exercise ($p = .95$). The T_{sk} on the quadriceps decreased after exercises ($p = .03$) and returned to the baseline with 10 minutes of recovery ($p = .974$). On the brachial biceps (BB) the T_{sk} increased in relation to baseline during the recovery ($p < .001$). The short duration intense and moderate-prolonged exercises in rowing ergometer provide different thermal responses on the chest and UB. On the BB and quadriceps the thermal responses are equivalent between the exercises.

KEYWORDS:

Thermography. Skin temperature.
Body temperature regulation.

INTRODUÇÃO

Os mecanismos de vasoconstrição e vasodilatação são essenciais para coordenar a redistribuição do débito cardíaco para os músculos esqueléticos ativos durante o exercício (Holwerda, Restaino, Fadel, 2015). O excesso de calor produzido pela contração muscular eleva a temperatura interna e estimula a transferência de calor para a superfície corporal e sudorese (Kenny & Journeay, 2010). A evaporação do suor reduz a temperatura da pele (T_p) e aumenta o gradiente térmico entre o core e a pele, sendo este o principal mecanismo de dissipação de calor para o ambiente durante o exercício (Charkoudian, 2010).

Tendo em vista o importante papel da pele no processo de regulação da temperatura corporal, o monitoramento térmico da pele durante o exercício pode proporcionar informações interessantes sobre o sistema termorregulatório humano (Arfaoui, Bertucci, Letellier, & Polidori, 2014). A T_p é determinada pela atividade metabólica de tecidos sobrejacentes à pele, fluxo sanguíneo local e intensidade de perspiração (Akimov et al., 2010). Portanto, espera-se que a ação de mecanismos termorregulatórios e hemodinâmicos durante o exercício induzam a alterações na T_p (Merla, Mattei, Di Donato, & Romani, 2010; Zontak, Sideman, Verbitsky, & Beyar, 1998).

O efeito do exercício na T_p tem sido estudado por meio da termografia infravermelha, a qual nos permite estimar a distribuição da temperatura cutânea (Abate, Di Carlo, Di Donato, Romani, & Merla, 2013) de modo não invasivo, livre de contato físico e sem efeito nocivo ao avaliado. Zontak et al. (1998) observaram uma redução na T_p das mãos durante o exercício máximo em cicloergômetro, associada à vasoconstrição periférica, e redução no início do exercício moderado, seguida de um reaquecimento, refletindo a transferência de calor para a superfície corporal. Já Merla et al. (2010) reportaram alterações na T_p , induzidas pelo exercício máximo em esteira, específicas para as regiões corporais de interesse (RCI) do tronco, membros superiores e inferiores.

Os trabalhos que verificaram a resposta da T_p ao exercício avaliaram, principalmente, exercícios convencionais de corrida e em cicloergômetro (Abate et al., 2013; Arfaoui et al., 2014; Bertucci, Arfaoui, Janson, & Polidori, 2013; Zontak et al., 1998). Por outro lado, estudos deste tipo realizados em outros ergômetros, como o remoergômetro, são escassos. É importante estabelecer a maneira como os ajustes térmicos da pele ocorrem durante o exercício em remoergômetro, tendo em vista que a especificidade de seu gesto técnico e a quantidade de massa corporal envolvida implicam em respostas metabólicas diferenciadas em relação aos exercícios de membros inferiores.

Diante da importância da T_p na termorregulação humana, sua mensuração possibilita a obtenção de informações sobre o complexo sistema de controle térmico. Portanto, o presente estudo poderá fornecer informações importantes para a melhor compreensão do sistema termorregulatório, no que diz respeito à T_p , ao estabelecer os ajustes térmicos decorrentes do exercício realizado com diferente intensidade e duração em remoergômetro.

O objetivo deste estudo foi analisar e comparar a resposta da T_p , antes, imediatamente após e durante o período de recuperação, entre dois tipos de exercício em remoergômetro (intenso de curta duração *versus* moderado prolongado).

MÉTODO

AMOSTRA

Participaram deste estudo transversal dezoito homens universitários (21.6 ± 2.4 anos, 77.7 ± 8.1 kg, 179.3 ± 5.7 cm, 10.1 ± 4.4 % de gordura corporal), fisicamente ativos. Indivíduos fumantes, ou com condições patológicas que pudessem interferir na T_p , não foram considerados no estudo. Após receberem informações sobre os procedimentos, além da garantia de anonimato e confidencialidade dos dados, todos os voluntários assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Nosso estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (n° do parecer 782.177).

PROCEDIMENTOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Performance Humana da UFV e envolveu uma familiarização ao remoergômetro e ao teste de 2000 m (T_{2000m}), além da aplicação dos protocolos de exercício intenso (T_{2000m}) e moderado prolongado. Os protocolos foram realizados nos mesmos horários, para cada avaliado, e os participantes receberam a orientação de manter os hábitos alimentares e ingerir, aproximadamente, 500 ml de água, nas duas horas precedentes aos protocolos. Considerou-se como fator impeditivo para iniciar os experimentos uma gravidade específica da urina (GEU) superior a 1020. Ao final dos dois protocolos de exercício coletou-se lactato capilar (Roche, Accutrend Plus, Indianapolis, EUA) e percepção subjetiva de esforço (PSE) em escala de 6 a 20 (Borg, 1982).

Os voluntários foram familiarizados ao ergômetro (*Matrix, Air Rower, Cottage Grover*, EUA) com duas sessões de 15 minutos de exercício leve. Na terceira visita os indivíduos realizaram uma simulação do T_{2000m} , considerado como uma familiarização.

Após um período entre 48 horas e uma semana, os participantes foram submetidos ao T_{2000m} , percorrendo a distância de 2000 m de maneira contínua no menor tempo possível (Gee, French, Gibbon, & Thompson, 2013). A intensidade durante 5 minutos de aquecimento foi de 50% da frequência cardíaca (FC) máxima estimada pela equação [$208 - 0,7 \times idade$] (Tanaka, Monahan, & Seals, 2001), ajustada considerando a FC de reserva (Karvonen, Kentala, & Mustala, 1957). O consumo de oxigênio foi obtido, a cada respiração, por meio de um analisador de gases metabólicos (*MedGraphics, Ultima™*, Saint Paul, EUA), sendo o maior valor considerado como o $VO_{2\text{ pico}}$. A FC foi monitorada (*Polar, Team System Pro*, Kempele, Finlândia), a cada cinco segundos, e o maior valor foi considerado como a FC_{pico} .

Após um período entre 48 h e 1 semana, os avaliados foram submetidos a 45 minutos de exercício aeróbico intervalado, constituído por 5 blocos de exercício, separados por intervalos de 1 minuto e 30 segundos: o primeiro bloco foi composto por 5 minutos de aquecimento a 50 % da FC_{pico} obtida no T_{2000m} ; a parte principal foi composta por 4 blocos de 10 minutos entre 60 % e 70 % da FC de reserva (Karvonen, 1957). A hidratação com água foi assegurada nos intervalos, com quantidade suficiente para manter a massa corporal de repouso.

PROTOCOLO DE OBTENÇÃO DAS IMAGENS TERMOGRÁFICAS

As imagens termográficas foram obtidas antes e exatamente após os exercícios, e também durante o 10°, 20° e 30° minuto do período de recuperação, seguindo as recomendações de Ammer e Ring (2006). Previamente, os participantes foram orientados a evitarem o consumo de álcool ou cafeína, a não usarem qualquer tipo de loção ou creme na pele, além de não realizarem exercício físico nas 24 h precedentes à coleta.

A temperatura e umidade relativa (UR) da sala foram controladas [exercício intenso (20.6 ± 1.1 °C e 55.9 ± 5.5 % UR), exercício moderado (19.2 ± 1.3 °C e 60.8 ± 5.2 % UR)] e registradas por uma estação meteorológica (*Davis, Vantage Vue™*, Hayward, EUA). Não houve ventilação nas áreas de obtenção das imagens e do exercício. Respeitou-se um período mínimo de 10 minutos de aclimação (Marins et al., 2014), onde os avaliados usaram tênis, sunga e monitor cardíaco e foram orientados a permanecerem em pé, não cruzarem os braços, não realizarem movimentos bruscos e não esfregarem as mãos ou qualquer parte do corpo.

A T_p das RCI do peitoral, dorsal superior, bíceps braquial e quadríceps foi monitorada por um termovisor T420 (320 x 240 pixels) (*Flir Systems*, Estocolmo, Suécia). As imagens termográficas foram obtidas na posição anatômica, a uma distância de 3 metros. Foram adotados pontos anatômicos na porção anterior do corpo, e seus respectivos pontos correspondentes na região posterior, preconizados por Moreira (2011), delimitados por retângulos no software *Flir Tools* (*Flir Systems*, Estocolmo, Suécia): (a) braço: fossa cubital e linha axilar, (b) peitoral e dorsal superior: linha do mamilo e borda superior do esterno, (c) coxa: cinco centímetros acima da borda superior da patela e linha inguinal.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

O teste de Shapiro Wilk foi utilizado para analisar a distribuição dos dados. Utilizou-se o Teste T dependente, para comparar os parâmetros fisiológicos obtidos em cada exercício, (lactate e PSE) e a ANOVA *Two-Way* (2 ocasiões de exercício x 5 momentos), para comparar a resposta da T_p ao longo dos momentos em cada exercício, bem como para verificar se as mudanças térmicas foram equivalentes entre os protocolos (interação). O tamanho do efeito (ES) foi calculado de acordo com Field (2009).

Os valores de T_p de regiões bilaterais (braços e coxas) foram estabelecidos pela média obtida do somatório dos hemisferos direito e esquerdo. Em todas as análises o nível de

significância adotado foi de $p < .05$. O SPSS 20.0 foi o pacote estatístico utilizado e os dados foram apresentados em média \pm desvio padrão (DP).

RESULTADOS

O T_{2000m} apresentou uma duração de 503.4 ± 28.9 segundos, $VO_{2\text{pico}}$ de 47.5 ± 6.4 (ml.kg.min) $^{-1}$, FC_{pico} de 186.7 ± 6.0 bpm e quociente respiratório de $1.4 \pm .2$. Já a sessão de 45 minutos de exercício moderado foi realizada em uma zona alvo entre 133.1 ± 4.9 bpm e 146.5 ± 4.9 bpm, com PSE de 12.9 ± 2.0 e lactato de $2.7 \pm .6$ (mmol/L).

Houve diferença significativa entre os valores de lactato [$t_{(16)} = 10.19$; $p < .001$, ES = .93] e PSE [$t_{(17)} = 11.25$; $p < .001$, ES = .94], sendo que, os valores obtidos no exercício intenso [lactato 10.7 ± 3.1 mmol/L (9.2 – 12.5); PSE 18.1 ± 1.6 (17.3 – 18.9)] foram maiores em relação ao moderado [lactato $2.7 \pm .6$ mmol/L (2.4 – 3.0); PSE 12.9 ± 2.0 (11.9 – 14.0)].

As figuras 1, 2 e 3 apresentam, de modo qualitativo, a distribuição de calor irradiado em repouso (a), bem como as alterações observadas após o término do exercício intenso (b) e moderado (c): figura 1 (face anterior do tronco e membros superiores), figura 2 (membros inferiores anterior) e figura 3 (dorso e membros superiores).

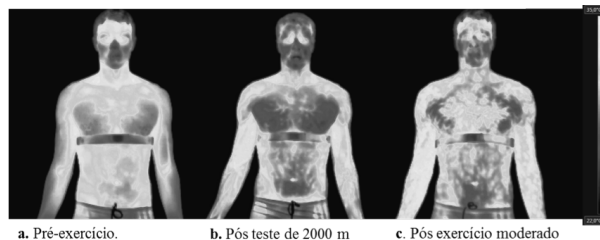


FIGURA 1. Termogramas do tronco (anterior) de um participante em repouso (a), exatamente após o T2000m (b) e exatamente após 45 minutos de exercício aeróbico moderado (c).



FIGURA 2. Termogramas dos membros inferiores (anterior) de um participante em repouso (a), exatamente após o T2000m (b) e exatamente após 45 minutos de exercício aeróbico moderado (c).

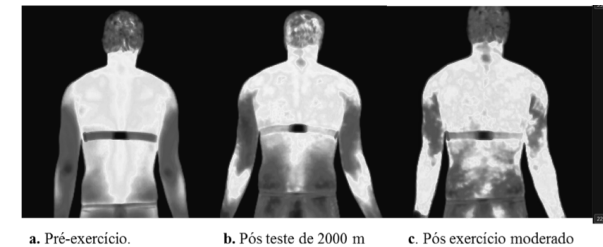


FIGURA 3. Termogramas do tronco (dorsal) de um participante em repouso (a), exatamente após o T2000m (b) e exatamente após 45 minutos de exercício aeróbico moderado (c).

A seguir são apresentados os resultados da resposta da T_p aos protocolos de exercício. Em todas as análises o teste de Mauchly identificou que a hipótese de esfericidade não foi assumida ($p < .001$).

PEITORAL

Houve uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [$F_{(1,98; 67,34)} = 4.03$; $p = .02$, ES = .11]. A T_p no *baseline* foi significativamente maior no exercício intenso em relação ao moderado ($D .53 \pm .23$ °C; IC .06 – 1.0) [$F_{(1, 34)} = 5.18$; $p = .029$; ES = .13] e, com 10 minutos de recuperação, a T_p foi maior no exercício moderado ($D .69 \pm .32$ °C; IC .03 – 1.35) [$F_{(1, 34)} = 4.49$; $p = .042$; ES = .12].

No exercício intenso houve uma redução na T_p pós-exercício ($D 2.18 \pm 0.36$ °C; IC 1.11 – 3.26) ($p < .001$; ES = .16), sustentada no primeiro momento da recuperação ($p = .879$) e seguida de um aumento na T_p , porém, sem retornar ao valor do *baseline* no fim do período de recuperação ($D .74 \pm .18$ °C; IC .20 – 1.28) ($p = .002$; ES = .12). No exercício moderado houve uma redução na TP após o exercício ($D 1.46 \pm .36$ °C; IC .38 – 2.53) ($p = .003$; ES = .13) e uma restauração térmica 10 minutos após o seu término ($p = .489$).

DORSAL SUPERIOR

Houve uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [$F_{(2,06; 69,96)} = 7.91$; $p = .001$, ES = .19]. A T_p em repouso foi superior no exercício intenso em relação ao moderado ($D .41 \pm .18$ °C; IC .05 – .78) [$F_{(1, 34)} = 5.45$; $p = .03$; ES = .12]. A T_p reduziu exatamente após os exercícios [intenso $D 1.79 \pm .25$ °C; IC 1.04 – 2.55 ($p < .001$; ES = 0.18); moderado $D 1.98 \pm 0.25$ °C; IC 1.22 – 2.73 ($p < .001$; ES = 0.20)]. Contudo, a T_p retornou ao *baseline* 30 minutos após o exercício intenso ($p = .557$), e 10 minutos após o exercício moderado ($p = .955$), mantendo-se estável em relação ao repouso no período de recuperação do exercício moderado ($p = 1.0$).

BÍCEPS BRAQUIAL

Não foi observada uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [$F_{(2,37; 80,46)} = 2.91; p = .05$]. Em ambos os protocolos, a T_p manteve-se estável exatamente após o exercício ($p = 1.0$). Em seguida, a T_p aumentou no primeiro momento da recuperação (D $1.06 \pm .14$ °C; IC $.64 - 1.48$) ($p < .001$; ES = $.18$), mantendo-se acima do *baseline* durante toda a recuperação [REC-20 (D $.96 \pm .12$ °C; IC $.59 - 1.32$) ($p < .001$; ES = $.18$); REC-30 (D $.74 \pm .11$ °C; IC $.41 - 1.06$) ($p < .001$; ES = $.15$)].

QUADRÍCEPS

Não foi observada uma interação significativa entre momento e tipo de exercício [$F_{(1,99; 67,57)} = .85; p = .433$]. Em ambos os protocolos, a T_p reduziu exatamente após o exercício (D $.59 \pm .19$ °C; IC $.03 - 1.15$) ($p = .033$; ES = $.12$) e retornou ao *baseline* no primeiro momento da recuperação ($p = .974$), mantendo-se estável, em relação à condição de repouso, com 20 ($p = .587$) e 30 minutos ($p = 1.0$) de recuperação.

DISCUSSÃO

Este estudo testou o efeito do exercício em remoergômetro, realizado com diferente intensidade e duração, na T_p de RCI do tronco, membros superiores e inferiores, por meio da termografia infravermelha. O T_{2000m} foi realizado com duração de 503.4 ± 28.9 (s) e exigiu um esforço máximo, baseando-se no $QR > 1$ e $\text{lactato} > 8$ mmol.l^{-1} obtidos (Edvardsen, Hem, & Anderssen, 2014). Além disso, a FC máxima obtida esteve dentro de uma faixa de variação de até 10 bpm em relação a FC máxima estimada pela equação de Tanaka, Monahan e Seals (2001) (192.9 ± 1.6 bpm), o que reforça a máxima intensidade do teste (Poole, Wilkerson, & Jones, 2008).

A partir de uma análise qualitativa de termogramas obtidos (FIGURAS 1, 2 E 3), notamos que os diferentes exercícios proporcionaram alterações específicas na distribuição cutânea de calor, reforçando a ideia de que a resposta da T_p é dependente do tipo de exercício (Zontak et al., 1998). A máxima intensidade imposta à grandes grupos musculares no T_{2000m} demanda um expressivo aumento no fluxo sanguíneo para os músculos ativos, em detrimento de regiões inativas (músculos não atuantes, vísceras e pele) (Mortensen, & Saltin, 2014), onde predomina um estímulo vasoconstritor, associado à redução na T_p (Abate et al., 2013; Merla et al., 2010; Zontak et al., 1998) (FIGURA 1B). Por outro lado, observamos uma alteração não homogênea na distribuição de calor cutâneo, exatamente após o exercício moderado (FIGURAS 1C E 2C), marcada pela presença de pontos hipertérmicos espalhados pela pele. Estes pontos de calor caracterizam a presença de vasos perfurantes musculares, responsáveis por conduzir o calor metabólico interno produzido durante o exercício para a superfície corporal (Arfaoui et al., 2014; Merla et al., 2010; Vainer, 2005).

Com relação à análise quantitativa, os resultados deste estudo demonstraram uma interação significativa (tipo de exercício x momento) no peitoral e dorsal superior, indicando que as respostas térmicas induzidas pelo exercício, nestas RCI, variaram em função dos diferentes protocolos de exercício. Por outro lado, as alterações na T_p observadas no bíceps braquial e quadríceps foram equivalentes entre os protocolos.

Exatamente após o término dos dois protocolos, observou-se uma redução significativa na T_p nas RCI do tronco. No peitoral a redução foi mais pronunciada no exercício máximo em comparação ao moderado, devido aos diferentes mecanismos hemodinâmicos envolvidos em cada tipo de exercício. Em exercício máximo há uma resposta de vasoconstricção cutânea em função do alto estímulo simpático e da liberação de catecolaminas e outros hormônios vasoconstritores (Abate et al., 2013; Merla et al., 2010; Vainer, 2005; Zontak et al., 1998) o que proporcionou uma redução na T_p do peitoral, observada em todos os avaliados. Já, no exercício moderado, foram observados 6 casos onde a T_p aumentou (entre $.2$ °C e $.9$ °C), devido à transferência de calor para a superfície corporal, conforme verificado pela presença dos pontos de hipertermia (FIGURA 1C). Contudo, no exercício moderado, houve uma redução média na T_p do peitoral, tendo em vista que o calor transferido para a pele é dissipado para o ambiente e este processo pode implicar em redução na T_p (Chudecka & Lubkowska, 2012).

As alterações observadas exatamente após o exercício no tronco corroboram os resultados de Abate et al. (2013), que reportaram uma redução na T_p na região anterior do tronco ao fim de 15 minutos de aquecimento submáximo em cicloergômetro, em indivíduos treinados, refletindo a capacidade de ativação do sistema termorregulatório e influxo sanguíneo para os músculos ativos.

O restabelecimento térmico à condição de repouso no 10º minuto da recuperação foi um comportamento típico no exercício moderado, nas RCI do peitoral e dorsal superior. A menor intensidade neste exercício demanda uma menor solicitação de fluxo sanguíneo cutâneo, em comparação ao exercício máximo (Mortensen & Saltin, 2014). Assim, com a cessação do resfriamento evaporativo após o exercício, a T_p retornou rapidamente aos valores de repouso. Em contraste, a restauração da T_p no peitoral não ocorreu no exercício máximo, e foi mais demorada na região dorsal superior, sugerindo que a vasoconstricção persistiu nestas RCI durante o período de recuperação.

O bíceps braquial apresentou manutenção na T_p ao término do exercício, e aumento durante a recuperação. Mesmo com a grande demanda metabólica nos braços, a evaporação do suor pode ter impedido que a T_p aumentasse (Torii, Yamasaki, Sasaki, & Nakayama, 1992). Contudo, com o término do exercício e a atenuação da sudorese, ocorre uma persistente vasodilatação periférica e hiperemia na musculatura previamente ativa (Journeay, Carter, & Kenny, 2006), proporcional à demanda metabólica (Mortensen & Saltin, 2014). Isto explica o aumento na T_p durante a recuperação e reflete a solicitação do bíceps braquial durante os exercícios.

Vale ressaltar que a T_p no bíceps braquial foi maior no exercício intenso em comparação ao moderado, durante o período de recuperação (20 min .4 °C, 30 min .6 °C). Isto refleti uma tendência de redução na T_p no exercício moderado, em direção aos valores basais, não observada no T_{2000m} , indicando que o exercício mais intenso pode demandar um maior tempo de recuperação. Este tipo de resposta abre importantes especulações sobre o uso da termografia como meio de controle da carga de treinamento, onde cargas mais elevadas podem gerar maior produção de calor após o exercício, como reportado por Bandeira, Neves, Moura e Nohama (2014).

Outros autores verificaram resultados opostos aos nossos com relação aos membros superiores. O efeito do treino de 90 minutos de voleibol proporcionou uma redução na T_p do braço e antebraço em atletas, atribuída à evaporação do suor e dissipação de calor (Chudecka & Lubkowska, 2012). Estas diferenças estão relacionadas ao gesto técnico diversificado em um treino de modalidade desportiva coletiva, em relação ao remoergômetro.

As mudanças na T_p observadas no quadríceps foram equivalentes entre os dois exercícios, sendo que a T_p reduziu exatamente após o exercício e restabeleceu-se com 10 minutos de recuperação. Porém, foram observados 6 casos de aumento na T_p exatamente após o exercício máximo, com variações entre .1 °C e 1.6 °C, e 5 casos no moderado, com aumentos entre .3 °C e 2.3 °C. A elevação da T_p sobre os músculos ativos é evidencia de transferência direta de calor do músculo para a superfície corporal, já que a atividade metabólica dos tecidos subjacentes à pele interfere na sua temperatura (Akimov, 2010).

Merla et al. (2010) submeteram 15 homens a um teste máximo em esteira e verificaram reduções gradativas na T_p da região anterior do tronco e do quadríceps. Estes resultados são concordantes aos encontrados no nosso estudo. Da mesma forma, Bertucci et al. (2013) observaram uma redução na T_p do quadríceps durante um teste progressivo máximo realizado em cicloergômetro em ciclistas, atribuída à capacidade de dissipação de calor para o ambiente.

É importante ressaltar que, além da vasoconstrição cutânea e da evaporação do suor, o mecanismo de convecção pode ter contribuído com as alterações térmicas observadas, já que o deslocamento anteroposterior durante o exercício em remoergômetro proporciona uma circulação de fluxo de ar na pele.

Segundo Adamczyk, Boguszewski e Siewierski (2014), 30 minutos de recuperação devem permitir que a T_p no grupo muscular exercitado retorne aos níveis de repouso, indicando uma estimativa de recuperação pós-esforço. Os resultados de nosso estudo demonstram que este período de restabelecimento térmico pode variar em função do tipo de exercício. Tendo em vista que outros trabalhos reportaram um efeito da carga de treinamento na T_p dentro de um período de 8 h (Fernández-Cuevas et al., 2014) e 24 h e 48 h após o exercício (Al-Nakhli, Petrofsky, Laymon, & Berk, 2012; Bandeira et al., 2014), nossas considerações sobre a recuperação restringem-se ao período de 30 minutos de monitoramento realizado.

A ausência de mensuração da temperatura interna foi um fator limitante do nosso estudo. Contudo, nossos resultados contribuem para a melhor compreensão de mecanismos hemodinâmicos e de termorregulação, relativos à T_p , durante os exercícios máximo de curta duração e moderado prolongado em remoergômetro. Trabalhos subsequentes devem verificar se a recuperação da T_p ao nível basal, mensurada por termografia, pode ser associada à recuperação do processo inflamatório muscular induzido pelo exercício.

CONCLUSÕES

Os exercícios em remoergômetro de curta duração e máxima intensidade *versus* o exercício moderado de 45 minutos proporcionam respostas de T_p específicas ao longo do tempo, e de diferente magnitude no peitoral e dorsal superior. A resposta da T_p não difere significativamente entre os diferentes tipos de exercício no bíceps braquial e quadríceps.

Imediatamente após os exercícios ocorre uma redução na T_p no peitoral, dorsal superior e quadríceps. Durante o período de 30 minutos de recuperação, a T_p do quadríceps retorna ao nível basal nos dois protocolos; a T_p no peitoral restabelece-se durante a recuperação do exercício moderado (10 minutos), mas não no exercício intenso; na RCI dorsal superior a recuperação térmica ao nível basal ocorre mais rapidamente no exercício moderado (10 minutos) em comparação ao intenso (30 minutos).

A RCI do bíceps braquial mantém a T_p após os dois protocolos de exercício e apresenta uma elevação na T_p durante o período de recuperação. Há uma tendência de sustentação da T_p no exercício máximo, acima da condição de repouso, e redução na T_p em direção ao repouso, no exercício moderado, sugerindo que a intensidade do exercício interfere no tempo de restabelecimento térmico no bíceps braquial.

AGRADECIMENTOS

CAPES, FAPEMIG e CNPq.

- Abate, M., Di Carlo, L., Di Donato, L., Romani, G. L., & Merla, A. (2013). Comparison of cutaneous thermic response to a standardised warm up in trained and untrained individuals. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 53(2), 209-215.
- Adamczyk, J. G., Boguszewski, D., & Siewierski, M. (2014). Thermographic evaluation of lactate level in capillary blood during post-exercise recovery. *Kinesiology*, 46(2), 186-193.
- Akimov, E. B., Andreev, R. S., Kalenov, Y. N., Kirdin, A. A., Son'kin, V. D., & Tonevitskii, A. G. (2010). Human temperature portrait and its relations with aerobic working capacity and the level of blood lactate. *Human Physiology*, 36(4), 89-101. doi: 10.1134/S0362119710040109
- Al-Nakhli, H. H., Petrofsky, J. S., Laymon, M. S., & Berk, L.S. (2012). The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness. *Journal of Visualized Experiments*, 59, e3551. doi:10.3791/3551
- Ammer, K., & Ring, E. F. (2006). Standard procedures for infrared imaging in medicine. In J. D. Bronzino (Ed.), *Medical systems and devices* (pp. 1-14). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Arfaoui, A., Bertucci, W., Letellier, T., & Polidori, G. (2014). Thermoregulation during incremental exercise in master cycling. *Journal of Science and Cycling*, 3(1), 33-41.
- Bandeira, F., Neves, E. B., Moura, M. A. M., & Nohama, P. (2014). The thermography in support for diagnosis of muscle injury in sport. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 20(1), 59-64.
- Bertucci, W., Arfaoui, A., Janson, L., & Polidori, G. (2013). Relationship between the gross efficiency and muscular skin temperature of lower limb in cycling: a preliminary study. *Computer in Methods Biomechanics and Biomedical Engineering*, 16(1), 114-115. doi:10.1080/10255842.2013.815902
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Charkoudian, N. (2010). Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *Journal of Applied Physiology*, 109, 1221-1228. doi:10.1152/jappphysiol.00298.2010
- Chudecka, M., & Lubkowska, A. (2012). The use of thermal imaging to evaluate body temperature changes of athletes during training and a study on the impact of physiological and morphological factors on skin temperature. *Human Movement*, 13(1), 33-39. doi:10.2478/v10038-012-0002-9
- Edwardsen, E., Hem, E., & Anderssen, S. A. (2014). End criteria for reaching maximal oxygen uptake must be strict and adjusted to sex and age: a cross-sectional study. *PLoS One*, 9(1), e85276. doi:10.1371/journal.pone.0085276
- Fernández-Cuevas, I., Sillero-Quintana, M., García-Concepcion, M. A., Serrano, J. R., Gomes-Carmona, P., & Marins, J. C. B. (2014). Monitoring skin thermal response to training with infrared thermography. *New Studies in Athletics*, 29(1), 57-71.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3rd ed.). London: Sage.
- Gee, T. I., French, D. N., Gibbon, K. C., & Thompson, K. G. (2013). Consistency of pacing and metabolic responses during 2000-m rowing ergometry. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8, 70-76.
- Holwerda, S. W., Restaino, R. M., & Fadel, P. J. (2015). Adrenergic and non-adrenergic control of active skeletal muscle blood flow: Implications for blood pressure regulation during exercise. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 188, 24-31. doi:10.1016/j.autneu.2014.10.010
- Journeay, W. S., Carter, III, R., & Kenny, G. P. (2006). Thermoregulatory control following dynamic exercise. *Aviation, Space, and Environment Medicine*, 77(11), 1174-1182.
- Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fennicae*, 35(3), 307-315.
- Kenny, G. P., & Journeay, W. S. (2010). Human thermoregulation: separating thermal and nonthermal effects on heat loss. *Frontiers in Bioscience*, 15, 259-290. doi:10.2741/3620
- Marins, J. C. B., Moreira, D. G., Cano, S. P., Quintana, M. S., Soares, D. S., Fernandes, A. A., ... Amorim PRS. (2014). Time required to stabilize thermographic images at rest. *Infrared Physics & Technology*, 65, 30-35. doi:10.1016/j.infrared.2014.02.008
- Merla, A., Mattei, P. A., Di Donato, L., & Romani, G. L. (2010). Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. *Annals of Biomedical Engineering*, 38(1), 158-163. doi:10.1007/s10439-009-9809-8
- Moreira, D. G. (2011). *Termografia corporal em repouso de homens e mulheres*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Brasil.
- Mortensen, S. P., & Saltin, B. (2014). Regulation of the skeletal muscle blood flow in humans. *Experimental Physiology*, 99(12), 1552-1558. doi:10.1113/expphysiol.2014.081620
- Poole, D. C., Wilkerson, D. P., & Jones, A. M. (2008). Validity of criteria for establishing maximal O₂ uptake during ramp exercise tests. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), 403-410. doi:10.1007/s00421-007-0596-3
- Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, 37(1), 153-156. doi:10.1016/s0735-1097(00)01054-8
- Torii, M., Yamasaki, M., Sasaki, T., & Nakayama, H. (1992). Fall in skin temperature of exercising man. *British Journal of Sports Medicine*, 26(1), 29-32.
- Vainer, B. G. (2005). FPA-based infrared thermography as applied to the study of cutaneous perspiration and stimulated vascular response in humans. *Physics in Medicine and Biology*, 50, R63-R94. doi:10.1088/0031-9155/50/23/R01
- Zontak, A., Sideman, S., Verbitsky, O., & Beyar, R. (1998). Dynamic thermography: Analysis of hand temperature during exercise. *Annals of Biomedical Engineering*, 26(6), 988-993. doi:10.1114/1.33