

Utilização de *cooling* central para preservar a regulação do exercício em ambientes quentes

Using central cooling to preserve the exercise regulation in hot environments

SILVA RAS, BARRETO CB, ALVARENGA PEF, PIRES FO. Utilização de *cooling* central para preservar a regulação do exercício em ambientes quentes. **R. bras. Ci. e Mov** 2017;25(3):182-186.

RESUMO: As respostas de termorregulação derivam de mecanismos centrais e periféricos que se baseiam na estimulação sensorial de áreas cerebrais termosensíveis. A estes mecanismos, denomina-se interocepção. Funções corporais vitais como a termorregulação parecem interferir sob uma dinâmica complexa para o ajuste do recrutamento muscular e ritmo de exercício. Neste sentido, é provável que técnicas de resfriamento (*cooling*) possam reduzir a transmissão de informações sensoriais que alcançam os centros cerebrais superiores, alterando a regulação do exercício. O *cooling* é um método utilizado com finalidades terapêuticas e esportivas, a fim de obter vantagens termorregulatórias. No contexto do desempenho esportivo, o *cooling* é utilizado para atenuar o ganho e o estoque de calor corporal, reduzindo assim, a sinalização realizada por vias de interocepção. Há indicativos de que atletas podem se beneficiar do resfriamento corporal quando competem em ambientes quentes e úmidos. Há a necessidade, no entanto, de se testar os efeitos do *cooling* em diferentes instantes, antes e durante exercícios de longa duração, assim como em diferentes modelos de exercício.

Palavras-chave: Interocepção; Cérebro; Regulação central do esforço.

ABSTRACT: The thermoregulation responses derive from central and peripheral mechanisms, which are based on sensorial stimulation of thermal-sensitive brain regions. These mechanisms are named as interoception. Vital body functions such as thermoregulation seem to affect, in a dynamic-complex manner, the muscular recruitment and pacing adjustments. In this regard, it is likeles that cooling techniques may reduce the sensorial information transmission that reach the upstream cerebral centers, thus altering the exercise regulation. The cooling is a tool used with therapeutic and sporting proposes, in order to obtain thermoregulatory benefits. In the performance context, the cooling is used to attenuate the rate of body heat storage, thereby reducing the signalization provided by interoception means. There are suggestions that athletes may benefit from the body cooling when they compete in humid, hot environment. It is necessary, however, to test the effects of cooling in different instants, before and during long-term exercises, as well as in different exercise modes.

Key Words: Interoception; Brain; Central regulation of effort.

Renato A. S. da Silva^{1,2,3,4}
Cayque Brietzke³
Paulo Franco-Alvarenga³
Flávio Oliveira Pires^{3,4}

¹Centro Universitário
Euro Americano

²Universidade Católica de
Brasília

³Escola de Artes, Ciências
e Humanidades da
Universidade de São
Paulo

⁴Grupo de Estudos em
Psicofisiologia do
Exercício

Introdução

As respostas de termorregulação derivam de mecanismos centrais e periféricos que se baseiam na estimulação sensorial de áreas cerebrais termossensíveis. Os sinais térmicos produzidos pela pele (*inputs* aferentes) alcançam diversas regiões do córtex cerebral incluindo a insula, região somatosensorial primária e secundária, orbitofrontal e córtex singularado^{1,2}. Tais *inputs* térmicos, conjuntamente à nocicepção, ascendem ao sistema nervoso central (SNC) por meio das vias *neoespino-talâmica* e *paleoespino-talâmica* até alcançarem a área somestésica do córtex cerebral no giro pós-central. Porém, é no hipotálamo que o processamento desses *inputs* térmicos ocorre^{1,2}. O hipotálamo é uma parte do diencéfalo que atua no controle da atividade visceral, através de suas conexões aferentes com o núcleo do tracto solitário e por sua ação de controle da função autonômica. A estes mecanismos, denomina-se interocepção, definida como os sentidos das condições fisiológicas do corpo³.

O processamento cerebral do estresse térmico no calor ativa mecanismos de dissipação como irradiação, condução e convecção, contudo, estes têm ação limitada em ambientes severamente quentes, o que pode acarretar elevações críticas da temperatura corporal⁴. Nestas condições pode ocorrer redução na ativação das unidades motoras pelo cérebro, aparecimento da sensação de fadiga e o comprometimento⁴ do desempenho no exercício^{5,6}. Assim, emerge um consenso de que a fadiga durante o exercício no calor pode dever-se a redução do *drive* motor do SNC^{7,8}. Essas afirmações são corroboradas pela perspectiva neurofisiológica da fadiga, na qual a redução no comando motor eferente resulta em um declínio da força ou tensão muscular como parte de um processo controlado por mecanismos centrais⁸. Consequentemente, tais respostas parecem ser de vital importância para a regulação que o SNC faz do recrutamento muscular durante o exercício.

De fato, funções corporais vitais como, por exemplo, a termorregulação, parecem interferir sob uma dinâmica complexa para o ajuste do recrutamento muscular e ritmo de exercício. A explicação para esta resposta pode estar associada a mecanismos de interocepção³. Autores têm sugerido que o córtex pré-frontal é responsável por transformar informações sensoriais transmitidas por nervos aferentes III e IV, os quais são sensíveis a alterações no *milieu* interno (i.e. temperatura, pH, etc.)⁹, em mensagens emocionalmente relevantes para a tomada de decisão do exercício¹⁰. Desta forma, é provável que técnicas de resfriamento possam reduzir a transmissão de informações sensoriais que alcançam os centros cerebrais superiores, os quais podem estar envolvidos com a geração de sensações como, por exemplo a percepção subjetiva de esforço (PSE).

Cooling para otimizar a regulação do exercício: o *cooling*, ou resfriamento exógeno, é um método utilizado com finalidades terapêuticas e esportivas a fim de obter vantagens termorregulatórias. Em hospitais é utilizado para estabilizar pacientes que sofreram traumas, para reverter quadros de hipertermia ou na preparação para cirurgias. Enquanto na fisioterapia é largamente utilizado para induzir analgesia local, reduzir edemas e inflamação, diminuir o fluxo sanguíneo e a taxa metabólica intramuscular; como também, reduzir a velocidade de transmissão nervosa e os danos teciduais induzidos por hipóxia. No contexto do desempenho esportivo, o *cooling* é utilizado para atenuar o ganho e o estoque de calor corporal, reduzindo assim, a sinalização realizada por vias de interocepção³. Visto que o armazenamento de calor limita a duração e a intensidade do exercício¹¹. Nesse sentido, intervenções como a aclimação e a ingestão de fluídos frios têm sido utilizadas para amenizar os efeitos negativos do calor sobre o rendimento físico. Entretanto, o *cooling* tem se destacado dentre os inúmeros métodos de resfriamento por conta de sua possível utilização em campo, simplicidade e eficiência na oposição dos efeitos negativos da termogênese¹².

No exercício prolongado a temperatura corporal aumenta proporcionalmente às taxas metabólicas e, consequentemente, a temperatura central eleva-se rapidamente até alcançar valores de estado estável quando o calor produzido equipara-se ao perdido¹¹. No entanto, se o estresse de calor for elevado e/ou progressivo o desempenho aeróbio é comprometido⁴. Assim, há indicativos de que atletas de resistência (*endurance*) podem se beneficiar do

resfriamento corporal quando competem em ambientes quentes e úmidos. Seus efeitos englobam: a) aumento da margem existente entre a temperatura corporal basal e a temperatura crítica central; b) vasoconstrição dérmica e concomitante aumento do volume central de sangue; e c) aumento no fluxo sanguíneo inferior com, possível, remoção de metabólitos. As evidências sugerem que o *cooling*, especialmente o pré-esforço, prolonga o exercício em diferentes níveis de calor. Apesar dos mecanismos não estarem totalmente esclarecidos, parece que os efeitos do resfriamento sobre o SNC são os principais responsáveis pelo aumento do desempenho¹¹. Tais efeitos do *cooling* sobre o desempenho motor podem ser facilmente mensurados a partir das respostas de parâmetros mecânicos com a potência produzida (*watts*) durante o esforço^{4,5,11}.

Há diversos métodos de *cooling*, por exemplo: resfriamento com sacos de gelo ou pacotes contendo misturas de gelo e água; imersão em tonéis com água e gelo; aplicação de ar resfriado dentro e fora de câmaras térmicas; banho frio; roupas resfriadas e luvas com resfriamento a vácuo^{11,12}. Estes vários tipos de *cooling* atuam via diferentes mecanismos de atenuação do estoque de calor e redução da temperatura corporal.

Dentre as diversas regiões corporais utilizadas para o *cooling*, destacam-se a cabeça e o tronco. A primeira demonstra claros efeitos termorregulatórios, pois, apesar da pequena área de contato, o *cooling* na cabeça alivia mais o ganho de calor quando comparado àquele realizado em superfícies corporais maiores. O *cooling* na cabeça pode aperfeiçoar a dissipação de calor pela ausência de reflexo vasoconstrictor nesta região. De outro lado, o *cooling* no tronco, por meio de roupas resfriadas (*cooling jacket*), também é considerado um método eficiente para minimizar o ganho de calor¹², pois a medula espinhal demonstra grande termosensibilidade na estimulação sensorial ao SNC².

O *cooling* pode ser aplicado em diferentes momentos: antes, durante ou após os exercícios. O *cooling* pré-exercício (*precooling*), tanto quanto durante o exercício, buscam reduzir a margem de calor metabólico produzido e aumentar o tempo de alcance da temperatura crítica onde o desempenho é afetado⁵. Por outro lado, o *cooling* após o exercício visa melhorar a recuperação pós exercício a partir da redução do calor corporal alcançado via extração periférica e das respostas inflamatórias desencadeadas no exercício, mesmo que as evidências para esse segundo efeitos ainda sejam pouco conclusivas¹¹.

Dadas às peculiaridades da termorregulação no exercício, Bergh e Ekblom¹³ iniciaram as investigações acerca dos efeitos do *precooling* sobre o desempenho no exercício subsequente. Neste primeiro estudo, submeteram os voluntários a 5-8 minutos de exercícios exaustivos precedidos por 15-25 minutos de imersão em água gelada (13-15°C), identificando uma redução significativa na temperatura esofágica (34,9-35,8°C) e decremento das taxas de trabalho. Os autores discutiram que essa redução no desempenho associou-se com um menor consumo de oxigênio, com a hipotermia ocorrida em alguns voluntários, bem como, ao protocolo que, provavelmente, foi insuficiente para evocar efetivas respostas termorregulatórias.

Duffield¹² examinou os efeitos da utilização da jaqueta de *cooling* sobre o desempenho e termorregulação em *sprints* intermitentes em cicloergômetro em ambiente quente e úmido (30°C e 60%). Identificaram que o resfriamento realizado nos intervalos reduziu o desconforto térmico e a sede, porém não modificou ($p > 0,05$) os *scores* da potência produzida, a termocinética (com exceção do tronco) e a percepção de vigor/cansaço entre as condições. Assim, os autores sugerem que o *cooling* demande longos períodos de tempo para produzir alterações termorregulatórias significantes. Possivelmente, as reduções na carga de calor mediadas pelos resfriamentos prévio e durante os exercícios possam reduzir a sinalização feita por mecanismos de interocepção, reduzindo assim, as sensações de fadiga e uma melhor manutenção do recrutamento muscular e ritmo de exercício¹².

Direcionamentos Futuros: Neste sentido, há a necessidade de se testar os efeitos do *cooling* em diferentes instantes, antes e principalmente durante exercícios de longa duração. Neste caso, técnicas que utilizam longos períodos de exposição por meio de jaquetas, capuzes e/ou tonéis de gelo, inclusive com resfriamento aplicado na cabeça, podem

trazer novas perspectivas para o tema. Ademais, outro ponto relevante é que tais efeitos podem depender, também, do modelo de exercício utilizado^{7,13,14}. Por exemplo, estudo anterior que comparou as respostas da temperatura central em diferentes modelos de exercício, verificou que a taxa de elevação na temperatura central era diferente entre exercícios com ritmo controlado e exercícios com ritmo auto-selecionado, sendo maior no primeiro modelo¹⁵. Além disso, a atividade eletromiográfica (EMG) de músculos primários foi maior no ritmo controlado.

Estes modelos de exercício são fundamentalmente diferentes com relação ao modo de execução. Enquanto exercícios com ritmo auto-selecionado permitem que o indivíduo varie o ritmo ao longo de sua execução, permitindo um maior componente de tomada de decisão; exercícios de ritmo controlado requerem que o indivíduo mantenha o ritmo de exercício constante ao longo da sua execução¹⁶. Importante, o ritmo é normalmente imposto externamente por um avaliador, neste segundo modelo de exercício, fazendo com que a EMG aumente linearmente, indicando a tentativa do SNC em aumentar o recrutamento muscular para manter o ritmo de exercício externamente imposto. No modelo de exercício com ritmo auto-ajustado, a ativação muscular acompanha o ritmo variável de sua execução¹⁶.

Baseado nas diferenças entre estes dois modelos de exercício, seria possível esperar que o resfriamento corporal central possa gerar efeitos distintos sobre a taxa de elevação, uma vez que o nível de recrutamento muscular é distinto entre eles¹⁵. Quando comparados a exercícios de ritmo auto-selecionado, os efeitos do resfriamento corporal sobre a taxa de elevação na temperatura central poderiam ser potencializados em exercícios de ritmo controlado, previamente estabelecidos. Consequentemente, assumindo haver uma relação direta entre temperatura central e regulação do esforço, é possível que o resfriamento central possa reduzir o estresse fisiológico durante ritmo controlado, mais do que em exercícios com ritmo auto-selecionado. Futuros estudos devem responder essa questão.

Conclusões

Funções corporais vitais como a termorregulação parecem interferir sob uma dinâmica complexa para o ajuste do recrutamento muscular e ritmo de exercício. Baseado nos mecanismos de termorregulação, a aplicação de técnicas de *cooling* central pode ser atraente do ponto de vista esportivo, principalmente em exercícios prolongados executados em ambientes quentes. Entretanto, dadas as particularidades do momento de sua aplicação (*cooling*), assim como do modo de realização do exercício (ritmo controlado vs ritmo auto-selecionado), futuros estudos devem responder mais de perto essa possibilidade.

Referências

1. Cramer MN, Jay O. Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. *Auton Neurosci*. 2016; 196: 3-13.
2. Flouris AD, Schlader ZJ. Human behavioral thermoregulation during exercise in the heat. *Scand J Med Sci Sports*. 2015; 25 Suppl 1: 52-64.
3. Craig AD. How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nat Rev Neurosci*. 2002; 3(8): 655-66.
4. Levels K, de Koning JJ, Foster C, Daanen HA. The effect of skin temperature on performance during a 7.5-km cycling time trial. *Eur J Appl Physiol*. 2012; 112(9): 3387-95.
5. Nielsen B, Hyldig T, Bidstrup F, González-Alonso J, Christoffersen GR. Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat. *Pflugers Arch*. 2001; 442(1): 41-8.
6. Nybo L, Nielsen B. Perceived exertion is associated with an altered brain activity during exercise with progressive hyperthermia. *J Appl Physiol*. 2001; 91(5): 2017-23.
7. Marino FE, Gard M, Drinkwater EJ. The limits to exercise performance and the future of fatigue research. *Br J Sports Med*. 2011; 45(1): 65-7.

8. St Clair Gibson A, Lambert EV, Rauch LH, Tucker R, Baden DA, Foster C, *et al.* The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. *Sports Med.* 2006; 36(8): 705-22.
9. Amann M, Secher NH. Point: Afferent feedback from fatigued locomotor muscles is an important determinant of endurance exercise performance. *J Appl Physiol* (1985). 2010; 108(2): 452-4; discussion 7; author reply 70.
10. Robertson CV, Marino FE. Last Word on Viewpoint: A role for the prefrontal cortex in exercise tolerance and termination. *J Appl Physiol* (1985). 2016; 120(4): 470.
11. Marino FE. Methods, advantages, and limitations of body cooling for exercise performance. *Br J Sports Med.* 2002; 36(2): 89-94.
12. Duffield R. Cooling interventions for the protection and recovery of exercise performance from exercise-induced heat stress. *Med Sport Sci.* 2008; 53: 89-103.
13. Bergh U, Ekblom B. Physical performance and peak aerobic power at different body temperatures. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1979; 46(5): 885-9.
14. Meeusen R, Pires FO, Pinheiro FA, Lutz K, Cheung SS, Perrey S, *et al.* Commentaries on Viewpoint: A role for the prefrontal cortex in exercise tolerance and termination. *J Appl Physiol* (1985). 2016; 120(4): 467-9.
15. Lander PJ, Butterly RJ, Edwards AM. Self-paced exercise is less physically challenging than enforced constant pace exercise of the same intensity: influence of complex central metabolic control. *Br J Sports Med.* 2009; 43(10): 789-95.
16. St Clair Gibson A, Schabert EJ, Noakes TD. Reduced neuromuscular activity and force generation during prolonged cycling. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2001; 281(1): R187-96.