



TEMPO LIMITE NA INTENSIDADE DE VELOCIDADE CRÍTICA EM MODELO DE CAMUNDONGOS CORREDORES: EFEITOS SOBRE OS ESTOQUES DE GLICOGÊNIO

Lara Soares de Araujo*, Pedro P.M. Scariot, Emanuel E.C. Polisel, Luísa O. Cardoso, Juan B. Orsi, Claudio A. Gobatto, Fúlvia B. Manchado-Gobatto

INTRODUÇÃO

Os parâmetros aeróbio e anaeróbio obtidos pelo modelo não invasivo de potência crítica são bastante utilizados no contexto esportivo e na área da saúde, tanto para prescrição de treinamento (no caso da capacidade aeróbia), como para acompanhar as adaptações fisiológicas promovidas pelo exercício crônico. Por outro lado, embora muitas vezes associada à máxima fase estável de lactato (MFEL), no que se refere ao real significado da intensidade de potência crítica (e suas correlatas, como é o caso da velocidade crítica) para modelos humanos e animais, a literatura ainda não é precisa. Para alguns tipos de esforços, o parâmetro aeróbio do modelo que é usado para prescrição de treinamento, parece superestimar a intensidade equivalente à MFEL. Ainda, o tempo limite (tlim) que pode ser mantido em exercício realizado na intensidade de velocidade crítica (Vcrit) parece variar individualmente, podendo ser limitado por diferentes aspectos metabólicos e fisiológicos ainda não absolutamente compreendidos, como os estoques de glicogênio em diferentes tecidos.

OBJETIVOS

O estudo objetivou determinar o tempo de exaustão individual de camundongos submetidos à corrida em intensidade equivalente à Vcrit e analisar os impactos do exercício realizado nessa intensidade sobre os estoques de glicogênio.

Especificamente, objetivou-se:

- Determinar a velocidade crítica e capacidade de corrida anaeróbia de camundongos corredores;
- Identificar o tempo limite individual dos animais submetidos à corrida em intensidade equivalente à velocidade crítica;
- Estudar a depleção de estoques de glicogênio muscular, cardíaco, hepático e renal quando o exercício de corrida é executado na intensidade de Vcrit;
- Identificar as possíveis correlações entre a Vcrit, CCA, tlim em Vcrit e as alterações nos estoques de glicogênio.

MATERIAIS E MÉTODOS

Diante disso, 15 camundongos C57BL/6J com 170 dias de idade foram utilizados no estudo. Os animais foram inicialmente adaptados à corrida em esteira rolante por cinco dias. Posteriormente, iniciaram os testes de velocidade crítica individuais, propostos por Manchado-Gobatto et al. (2011) adaptado para ratos Wistar e por Billat et al. (2005), para camundongos. Esse protocolo foi composto por quatro sessões avaliativas, sendo os roedores submetidos a esforços em intensidades contínuas ($15 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ a $29 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$), com tempo limite registrado para cada uma dessas sessões. A velocidade crítica foi quantificada por três diferentes modelos matemáticos, sendo eles o modelo hiperbólico 'velocidade vs tempo limite' e os modelos lineares 'distância vs tempo' e 'velocidade vs 1/tempo limite'. Após 48h da determinação da velocidade crítica, os animais foram submetidos a um teste de corrida na esteira rolante até a exaustão, em intensidade individual equivalente à Vcrit, sendo registrado o tempo máximo de permanência nessa velocidade (i.e., tlim). Imediatamente após o esforço, os mesmos foram eutanasiados, com os materiais biológicos extraídos



e armazenados para subsequente análise. Para possibilitar as comparações entre a condição após exercício e controle, 15 animais foram eutanasiados em repouso. A determinação dos estoques de glicogênio foi efetuada pela técnica colorimétrica usando 10 μ l de fenol (C₆H₅OH) e 2 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) (DUBOIS et al., 1956). O produto colorido da reação foi lido em uma absorbância de 490 nm. Em termos estatísticos, a comparação dos resultados entre os animais controle e os submetidos ao exercício foi efetuada por ANOVA one-way (efeito do exercício), com post-hoc Newman Keuls para identificação das diferenças. A análise produto-momento de Pearson foi empregada para investigar as correlações significantes entre t_{lim} em intensidade equivalente à V_{crit}, capacidade de corrida anaeróbia (CCA), V_{crit} e estoques de glicogênio em diferentes tecidos. Todos os resultados estão apresentados em média e desvio padrão, com nível de significância pré-fixado em 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de V_{crit} obtidos pelo modelo hiperbólico (hip) e lineares, distância vs tempo (lin1) e velocidade vs 1/tempo (lin2) foram, respectivamente $19,2 \pm 5,7$ m.min⁻¹, $21,8 \pm 3,1$ m.min⁻¹ e $21,9 \pm 3$ m.min⁻¹, corroborado com os valores da V_{crit} apresentados pela literatura em avaliações conduzidas com ratos Wistar e camundongos (BILLAT et al., 2005; MANCHADO-GOBATTO et al., 2010; COOP et al. 2010; MANCHADO-GOBATTO et al., 2011; MANCHADO-GOBATTO et al., 2012). Os valores de R² para todos os ajustes foram elevados, especialmente no modelo lin1 ($0,998 \pm 0,001$), sugerindo a aplicação do protocolo em camundongos.

Quando submetidos à corrida aguda intensidade equivalente à V_{crit}, os camundongos realizaram esforços por $1703,1 \pm 497,8$ s, com importante variação individual no tempo de manutenção do esforço. Nossos resultados corroboram com a literatura, pois para pessoas não treinadas, o t_{lim} varia entre 20 a 30 minutos (MCLELLAN & JACOBS, 1989 & 1993; MEZZANI et al., 2010). Aqui, os roedores não foram submetidos a nenhum treinamento prévio e apresentaram o t_{lim} médio de 28,4 min.

Os estoques de glicogênio para o tecido hepático, cardíaco, renal e muscular esquelético (sóleo, gastrocnêmio, vasto lateral e glúteo), para os grupos controle e exercitado, estão apresentados na tabela 1. Foram observadas diferenças significantes entre os estoques de glicogênio para os grupos controle vs treinados nos músculos sóleo (P= 0,0074) e glúteo (P= 0,016), bem como no fígado (P= 0,0002), com menores valores sendo apresentados no grupo exercitado em intensidade de V_{crit} até a exaustão. A função do glicogênio proveniente do fígado em manter os níveis basais de glicose fica evidente por meio desses resultados, pois os dados demonstram a diminuição significativa do glicogênio hepático, controlando os níveis de glicose sanguínea e promovendo energia para a musculatura manter por mais tempo a atividade exercida (GUSMÃO et al., 2003; TREFTS et al., 2015). O que pode explicar a depleção de glicogênio no sóleo e no glúteo, mas não nos outros músculos analisados, é que esses dois são músculos vermelhos de maior capacidade oxidativa. De fato, a redução de glicogênio muscular observada aqui, bem como a depleção do glicogênio no fígado, podem explicar a manutenção do esforço físico da corrida por alguns músculos trabalhados nesse gesto motor e a extrema importância do fígado em manter os níveis glicêmicos, mesmo no exercício (BECK et al., 2014).



Tabela 1. Estoques de glicogênio (ug/100mg de tecido) para o tecido hepático, cardíaco, renal e muscular esquelético (sóleo, gastrocnêmio, vasto lateral e glúteo) para o grupo controle e exercitado.

GLICOGÊNIO	Controles (n=16)	Exercitados (n= 14)	Teste t-Student (valores de P)
Vasto lateral	4,8 ± 4,4	5,4 ± 3,8	0,599
Gastrocnêmio	6,9 ± 2,5	6,6 ± 3,3	0,516
Sóleo	46,1 ± 29,9	19,4 ± 16,7*	0,007
Glúteo	10,8 ± 5,7	7,3 ± 2,3*	0,016
Coração	9,1 ± 6,4	6,1 ± 3,8	0,217
Rim	25 ± 32,4	12,1 ± 14,3	0,500
Fígado	46,9 ± 21,5	12,4 ± 5,6*	0,000

*Diferente do grupo controle ($P < 0,05$); Média ± DP.

A análise produto-momento de Pearson revelou correlações significantes inversas entre os estoques de glicogênio cardíaco e do músculo do glúteo com o tlim, respectivamente $R = -0,6505$, $p < 0,05$ e $R = -0,5384$, $p < 0,05$. Desse modo, quanto maior foi o tempo de execução do teste pelos animais, mais estoques de glicogênio cardíaco e do músculo do glúteo foram depletados para sustentar esse exercício na intensidade de transição aeróbia/anaeróbia individual, aqui considerada a V_{crit} . Por meio desse achado, é possível sugerir que a sustentação do esforço na máxima capacidade aeróbia pode ser mediada principalmente pelos estoques de glicogênio advindos do coração e do músculo glúteo, quando o exercício de corrida ocorre em intensidade de V_{crit} .

CONCLUSÃO

De acordo com nossos resultados, o tempo limite de execução de corrida em intensidade de V_{crit} apresenta importante variação individual, com média de 28,4 min. Esses achados corroboram com a literatura, quando o modelo é empregado para prescrição de treinamento a indivíduos ativos e atletas, sugerindo ser a V_{crit} uma intensidade que delimita a passagem do domínio intenso para o severo. No que se refere ao glicogênio em diferentes tecidos, a execução do esforço na intensidade de corrida aqui adotada depletou estoques dos músculos sóleo e glúteo, bem como do fígado, contribuindo com a manutenção desse exercício em intensidade individual de V_{crit} aplicada a camundongos. Ainda, correlações significantes inversas entre os estoques de glicogênio cardíaco e do músculo do glúteo com o tlim foram identificadas. Por fim, destacamos que estudos sobre exercícios físicos agudos e crônicos conduzidos em modelo animal têm se mostrado importantes para a compreensão dos efeitos dessas intervenções, com posterior transferência de resultados para a correta prescrição do treinamento para atletas e para a população em busca de saúde e bem estar. Esse é o caso do trabalho aqui apresentado.



REFERÊNCIAS

BECK, W.R., DE ARAUJO, G.G., SCARIOT, P.P.M., DOS REIS, I.G.M., GOBATTO, C.A. Time to exhaustion at anaerobic threshold in swimming rats: metabolic investigation. *Bratisl Lek Listy*, v.115(10), p.617-621, 2014.

BILLAT, V.L., MOUISEL, E., ROBLLOT, N., MELKI, J. Inter- and intrastain variation in mouse critical running speed. *J Appl Physiol*, v.98, p.1258-6, 2005.

COPP, S.W., HIRAI, D.M., MUSCH, T.I., POOLE D.C. Critical speed in the rat: implications for hindlimb muscle blood flow distribution and fibre recruitment. *J Physiol*, v.588 (Pt 24), p.5077-5087, 2010.

GUSMÃO, L.; GALVÃO, J.; POSSANTE, M. A resposta do rim ao esforço físico. *Rev Port Nefro Hipert*, [S. l.], ano 2003, v. 17, n. 1, p. 73-80, 13 dez. 2002.

MANCHADO-GOBATTO, F.B., ARAÚJO, G.G., RIBEIRO, C., ARAUJO, M.B., MOTA, C.S. A., GOBATTO, C.A., MELLO, M.A.R. Effects of light-dark cycle manipulation on critical velocity and anaerobic running capacity in Wistar rats. *Comp Exerc Physiol (Print)*, v. 8, p. 71-78, 2012.

MANCHADO-GOBATTO, F.B., GOBATTO, C.A., CONTARTEZE, R.V.L., MELLO, M. Non-exhaustive test for aerobic capacity determination in running rats. *Indian J Exp Biol*, V.49, 781-5, 2011.

MANCHADO-GOBATTO, F.B., GOBATTO, C.A., CONTARTEZE, R.V.L., PAPOTI, M., ARAÚJO, G.G., MELLO, M.A.R. Determination of critical velocity and anaerobic capacity of running rats. *J Exerc Physiol Online*, v. 13, p. 40-49, 2010.

MCLELLAN, T.M., JACOBS, I. Active recovery, endurance training, and the calculation of the individual anaerobic threshold. *Med Sci Sports Exerc*, v.21(5) p.586-92, 1989.

MEZZANI, A., CORRÀ, U., GIORDANO, A., COLOMBO, S., PSAROUDAKI, M., GIANNUZZI, P. Upper intensity limit for prolonged aerobic exercise in chronic heart failure. *Med Sci Sports Exerc*, v.42(4), p.633-9, 2010 Apr.

TREFTS, E., WILLIAMS, A.S., WASSERMAN, D.H. Exercise and the Regulation of Hepatic Metabolism. *Prog Mol Biol Transl Sci*, v.135, p.203-25, 2015.

APOIOS

