

Comportamento da fadiga central e periférica em domínio extremo de exercício

Central and peripheral fatigue response during extreme-intensity exercise domain

RESUMO

Gabriela Luisa Fusinato Costenaro
costenaro@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Adriano Eduardo Lima da Silva
aesilva@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Leticia Pereira Venancio Dallan
venanciole6@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

O fenômeno da diminuição do desempenho muscular durante um exercício pode ser atribuído a fadiga central ou periférica. Estudos apontam quais os mecanismos predominantes da fadiga em três domínios de intensidade do exercício: moderado, pesado e severo. A respeito do último domínio, denominado extremo, não há evidências científicas apontando qual mecanismo de fadiga é predominante. Nós investigamos o comportamento da fadiga no domínio extremo a fim de compará-lo com o domínio severo. Dez mulheres realizaram: Dia 1 - um teste incremental máximo; Dia 2 - um teste de familiarização; Dia 3, 4 e 5 - testes de carga constante para determinar a potência crítica; Dia 6 e 7 - testes experimentais, sendo um no domínio severo e outro no extremo. As funções neuromusculares foram avaliadas antes e imediatamente após os testes experimentais. Não houve alteração na ativação voluntária ($p > 0,05$) pós-exercício em ambos os domínios. A CVM reduziu após o exercício ($p = 0,027$) e indica fadiga global. Todas as variáveis indicadoras de fadiga periférica reduziram significativamente após o exercício, independentemente do domínio (Q_{tw}pot $p = 0,027$; Q_{tw}10 $p = 0,001$; Q_{tw}100 $p = 0,001$). Em conclusão, o exercício realizado no domínio extremo apresentou maior incidência de fadiga periférica no final do exercício.

PALAVRAS-CHAVE: Domínios metabólicos. Desempenho. Exaustão.

ABSTRACT

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autorial: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



The muscle performance decrease phenomenon during an exercise might be attributed to central or peripheral fatigue. Some studies have determined the origin of fatigue in three exercise-intensity domains: moderate, heavy and severe. Regarding the last domain, named extreme, there is no scientific evidence indicating which fatigue mechanism is predominant when the subject under exhaustion. We investigated the behavior of fatigue in the extreme domain in order to compare it to the severe domain. Ten women performed: Day 1 - a maximal incremental; Day 2 - a familiarization test; Day 3, 4 and 5 - three constant-load exercise trials to determine critical power; Day 6 and 7 - experimental trials, one in the severe domain and another one in the extreme. Neuromuscular functions were assessed before and immediately after the experimental trials. There was no difference in voluntary activation ($p > 0.05$) between conditions. The MVC decreased after exercise ($p = 0.027$) and indicates global fatigue. All peripheral variables presented significant decrease in the end of the exercise (Q_{tw}pot $p = 0.027$; Q_{tw}10 $p = 0.000$; Q_{tw}100 $p = 0.001$). In conclusion, the

exercise performed in the extreme domain presented a higher incidence of peripheral fatigue at the end of the exercise.

KEYWORDS: Metabolic domains. Performance. Exhaustion.

INTRODUÇÃO

Durante o exercício físico predominantemente aeróbio, a capacidade de gerar força pelo músculo esquelético diminui progressivamente até que o indivíduo entre em exaustão (TAYLOR *et al.*, 2016, p. 2294). O término do exercício extenuante parece coincidir com um elevado nível de fadiga (BLACK *et al.*, 2017, p. 446), e esta é desenvolvida através de alterações centrais e periféricas (AMANN, 2011, p. 2039; GANDEVIA, 2001, p. 1725). Fadiga central compreende uma falha do sistema nervoso central (SNC) em recrutar as unidades motoras necessárias para a execução da tarefa (AMANN, 2011, p. 2039). Fadiga periférica, por sua vez, é tudo o que ocorre da junção neuromuscular até os processos de alterações bioquímicas na musculatura, principalmente acúmulo intracelular de metabólitos (MACINTOSH; SHAHI, 2010, p. 1).

A fadiga será predominantemente de origem central ou periférica a depender da intensidade em que o exercício é realizado (BURNLEY; JONES, 2018, p. 1). A intensidade do exercício pode ser subdividida em quatro domínios de esforço: moderado, pesado, severo e extremo. O primeiro é caracterizado por intensidades que permanecem abaixo do limiar de lactato, desenvolvendo fadiga de maneira lenta e predominante de origem central (ENOKA; STUART, 1992, p. 1631; BURNLEY; JONES, 2018, p. 1). No domínio pesado, onde a intensidade excede o limiar de lactato, mas permanece abaixo da potência crítica (PC), a fadiga é oriunda tanto de mecanismos centrais quanto periféricos (BURNLEY; JONES, 2018, p. 1). No domínio de intensidade severa, caracterizado por estar entre a PC e o volume máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$), a fadiga periférica é prevalente, apresentando um desenvolvimento linear em função do tempo de exercício, atingindo níveis mais elevados do que no domínio pesado (BURNLEY; VANHATALO; JONES, 2012, p. 215; JONES *et al.*, 2008, p. R585), com pouca ou quase nenhuma fadiga central sendo documentada nesse domínio (BURNLEY; JONES, 2018, p. 1). Entretanto, no domínio extremo não se sabe quais desses processos são predominantes.

O domínio extremo representa intensidades de exercícios na qual a exaustão ocorre antes que o indivíduo alcance o seu $\dot{V}O_{2max}$, isto é, antes que o metabolismo oxidativo atinja sua atividade máxima (BURNLEY; JONES, 2018, p. 1). De acordo com as características desse domínio, a potência extrema impossibilita que o indivíduo mantenha o exercício por um longo período, o que por hipótese poderia reduzir o acúmulo de metabólitos intramuscular e, conseqüentemente, o desenvolvimento de fadiga periférica. A elevada carga de trabalho exige do SNC um amplo esforço em recrutar unidades motoras adicionais para manter as contrações musculares no ritmo necessário, o que poderia levar a uma falha do SNC em manter a excitação dos motoneurônios para a contração muscular durante a tarefa, aumentando assim o desenvolvimento de fadiga central.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo investigar a contribuição de fatores centrais e periféricos para o desenvolvimento da fadiga neuromuscular no domínio extremo de intensidade de exercício, em comparação ao domínio severo.

Acredita-se que haverá maior incidência de fadiga central e menor incidência de fadiga periférica no domínio extremo em comparação ao domínio severo.

MATERIAL E MÉTODOS

Dez mulheres visitaram voluntariamente 7 vezes o laboratório. A caracterização da amostra e um teste incremental máximo foram realizados na primeira visita. A segunda visita teve por objetivo familiarizar os participantes com os testes subsequentes. Nas visitas 3, 4 e 5 foram realizados testes de carga constante para identificação da potência crítica, variável necessária para determinar as cargas dos testes experimentais realizados nas visitas 6 e 7.

A fadiga central e periférica foi mensurada a partir dos procedimentos de contração voluntária máxima (CVM) seguidos de eletroestimulação (EE). Cada participante realizou o procedimento da CVM + EE pré e pós os testes nos domínios severo e extremo (visitas experimentais 6 e 7). A fadiga central foi obtida a partir da redução do pré ao pós exercício no nível de ativação voluntária (AV%), a qual foi quantificada através da técnica de interpolação de estímulos. A fadiga periférica foi obtida através da redução do pré ao pós exercício nos parâmetros derivados de estímulos dados após a CVM, quando a musculatura permanece voluntariamente relaxada (Qtwpot, Qtw10 e Qtw100).

A normalidade dos dados foi verificada com teste de Shapiro-Wilk e os efeitos de intensidade e tempo sobre os parâmetros de fadiga foram verificados por ANOVA de medidas repetidas de dois caminhos (intensidade vs. tempo), com nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

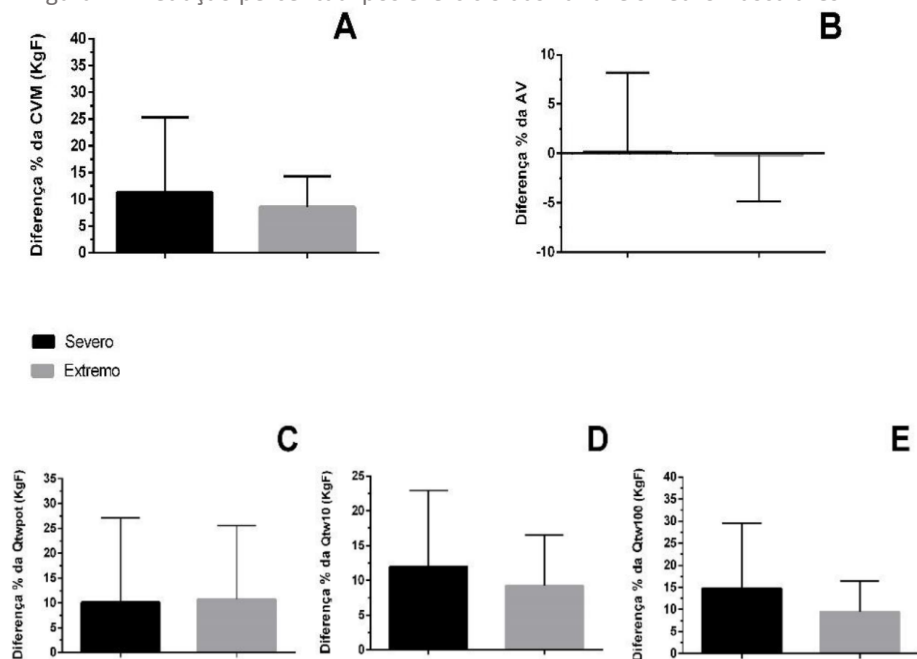
Os valores absolutos dos parâmetros neuromusculares pré e pós exercício para os dois domínios estão relatados na tabela 1, enquanto o percentual de redução pós-exercício de cada um deles na figura 1. Não houve efeito da intensidade, tempo e interação para a AV% ($p > 0,05$). Entretanto, houve efeito do tempo para as variáveis CVM ($p = 0,027$), Qtwpot ($p = 0,027$), Qtw10 ($p = 0,001$) e Qtw100 ($p = 0,001$), ou seja, todas essas variáveis reduziram do pré ao pós exercício. Contudo, não houve efeito da intensidade ou interação intensidade vs. tempo para nenhuma dessas variáveis.

Tabela 1 – Valores absolutos dos parâmetros neuromusculares pré e pós exercício nos domínios severo e extremo

	Pré Exercício		Pós Exercício	
	Severo	Extremo	Severo	Extremo
CVM (KgF)	510 ±145	503 ±122	440 ±112	462±121
AV% (KgF)	90±8	89±8	89±5	89±7
Qtwpot (KgF)	171±45	165±32	153±50	148±41
Qtw10 (KgF)	277±39	286±47	242±34	258±36
Qtw100 (KgF)	264±30	255±29	225±50	231±33

Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 1 – Redução percentual pós exercício das variáveis neuromusculares



Fonte: Autoria própria (2019).

Ao final do exercício a CVM apresentou redução de 11% nos testes de domínio severo e 8% nos testes de domínio extremo, indicando fadiga global em ambas as condições. A AV não apresentou efeito nem do tempo e nem da intensidade, indicando que independente do domínio em que o exercício é realizado não há influência sobre a fadiga central. Estes dados corroboram com estudos que não encontraram redução de fadiga central após testes de ciclismo no domínio severo (THOMAS *et al.*, 2016, p. 1751). Dessa forma, assim como no domínio severo, não há fadiga central após o exercício realizado no domínio extremo.

As mudanças em variáveis periféricas apontam que houve desenvolvimento de fadiga periférica induzida pelo exercício no presente estudo, e que, a intensidade do exercício não influenciou no grau de fadiga periférica. A Qtwpot apresentou redução de 10% ao final do exercício para ambas as intensidades, enquanto Qtw10 reduziu 11% no domínio severo e 9% no domínio extremo, e Qtw100 reduziu 14% no domínio severo e 10% no domínio extremo. Os dados corroboram com estudos que encontraram redução destas variáveis periféricas após testes contrarrelógio de ciclismo de 4km (THOMAS *et al.*, 2015 p. 537; FELIPPE *et al.*, 2018, p.1491). Os achados do presente estudo, entretanto, indicam que o nível de fadiga periférica ao final de exercício aeróbico de alta intensidade é muito parecido entre os domínios severo e extremo, corroborando a existência de um limiar crítico de fadiga periférica (AMANN *et al.*, 2006, p. 937) capaz de informar as condições intramusculares ao sistema nervoso central, impedindo o desenvolvimento exacerbado de fadiga periférica (AMANN *et al.*, 2008, p. 1714; AMANN, 2011, p. 2039). Outra possível semelhança ao domínio severo é a atribuição do desenvolvimento de fadiga periférica devido ao acúmulo de

metabólitos, como íons de hidrogênio (H⁺) e fosfato inorgânico (Pi) intramusculares, e potássio (K⁺) extracelular (MACINTOSH; SHAHI, 2010, p. 1).

CONCLUSÃO

Contrário à hipótese inicial, os resultados do presente estudo demonstram que exercício aeróbio realizado no domínio extremo apresenta fadiga periférica, mas não central, ao final do exercício. Ainda, as repostas de fadiga central e periférica não diferiram quando comparadas às do domínio severo, indicando que os mecanismos de fadiga são muito similares entre os domínios extremo e severo. Embora atribuídas semelhanças, uma sugestão é que futuros estudos possam averiguar diretamente as perturbações metabólicas intramusculares para possibilitar a comparação dos domínios nesse âmbito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – PIBIC, pelo financiamento do projeto de pesquisa. A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao meu professor orientador Adriano pelas contribuições dadas durante todo o processo.

REFERÊNCIAS

- AMANN, M. Central and peripheral fatigue: interaction during cycling exercise in humans. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 11, p. 2039-2045, 2011.
- AMANN, Markus et al. Arterial oxygenation influences central motor output and exercise performance via effects on peripheral locomotor muscle fatigue in humans. **The Journal of physiology**, v. 575, n. 3, p. 937-952, 2006.
- AMANN, Markus et al. Somatosensory feedback from the limbs exerts inhibitory influences on central neural drive during whole body endurance exercise. **Journal of applied physiology**, v. 105, n. 6, p. 1714-1724, 2008.
- BLACK, M. I.; JONES, A. M.; BLACKWELL, J. R.; BAILEY, S. J.; WYLIE, L. J.; MCDONAGH, S. T.; THOMPSON, C.; KELLY, J.; SUMNERS, P.; MILEVA, K. N. Muscle metabolic and neuromuscular determinants of fatigue during cycling in different exercise intensity domains. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 3, p. 446-459, 2017.
- BURNLEY, M.; JONES, A. M. Power-duration relationship: Physiology, fatigue and the limits of human performance. **European Journal of Sport Science**, v. 18, n. 1, p. 1-12, 2018.

BURNLEY, M.; VANHATALO, A.; JONES, A. M. Distinct profiles of neuromuscular fatigue during muscle contractions below and above the critical torque in humans. **Journal of applied physiology**, v. 113, n. 2, p. 215-223, 2012.

FELIPPE, Leandro Camati et al. Caffeine increases both total work performed above critical power and peripheral fatigue during a 4-km cycling time trial. **Journal of Applied Physiology**, v. 124, n. 6, p. 1491-1501, 2018.

ENOKA, R. M.; STUART, D. G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of applied physiology**, v. 72, n. 5, p. 1631-1648, 1992.

GANDEVIA, S. C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. **Physiological reviews**, v. 81, n. 4, p. 1725-1789, 2001.

JONES, A. M.; WILKERSON, D. P.; DIMENNA, F.; FULFORD, J.; POOLE, D. C. Muscle metabolic responses to exercise above and below the “critical power” assessed using using ³¹P-MRS. **American journal of physiology-regulatory, integrative and comparative physiology**, v. 294, n. 2, p. R585-R593, 2008.

MACINTOSHI, B. R; SHAHI, M. R. S. (2010). A peripheral governor regulates muscle contraction. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2010.

TAYLOR, J. L.; AMANN, M.; DUCHATEAU, J.; MEEUSEN, R.; RICE, C. L. Neural contributions to muscle fatigue: from the brain to the muscle and back again. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 11, p. 2294, 2016.

THOMAS, K., GOODALL, S., STONE, M., HOWATSON, G., GIBSON, A. S. C., & ANSLEY, L. Central and peripheral fatigue in male cyclists after 4-, 20-, and 40-km time trials. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 47(3), 537-546, 2015.

THOMAS, Kevin et al. Intensity-dependent contribution of neuromuscular fatigue after constant-load cycling. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 9, p. 1751-1760, 2016.