

Artigo Original

Influência do trabalho intermitente máximo de curta duração sobre o desempenho aeróbio

Eduardo Antônio Rosa ¹
Daniel Pereira Carvalho ²
Patrícia Bee Stefini ²
João Francisco Ramos ²
Lilian Simone Pereira Ribeiro ³
Hugo Tourinho Filho ³

¹ Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade de Passo Fundo (FEFF/UPF), Passo Fundo, RS, Brasil

² Bolsistas do Programa de Iniciação Científica da Universidade de Passo Fundo (Pibic/UPF), Passo Fundo, RS, Brasil

³ Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade de Passo Fundo (FEFF/UPF), Passo Fundo, RS, Brasil

Resumo: O presente estudo teve como objetivo analisar o desempenho aeróbio de sujeitos submetidos a um programa de treinamento intermitente máximo de curta duração. Para tal catorze sujeitos realizaram uma bateria de testes e passaram por um programa de treinamento intermitente máximo de curta duração durante oito semanas. A bateria de testes consistiu de determinação do limiar ventilatório e do VO₂pico com o auxílio do analisador de gases VO2000 realizado em um cicloergômetro mecânico. A fim de comparar o comportamento das variáveis foi utilizado o teste “t” de *student* para amostras pareadas, utilizando como nível de significância $p \leq 0,05$. Por meio da análise dos dados foi possível verificar que estímulos anaeróbios intensos também foram capazes de provocar modificações na condição aeróbia como pode ser observado na melhora do consumo de oxigênio de pico e na eficiência do músculo cardíaco, indicado pelo comportamento do duplo produto, dos sujeitos submetidos ao programa de treinamento.

Palavras-chave: Limiar Anaeróbio. Sistema Cardiovascular. Glicólise.

The influence of the maximum intermittent training of short duration on the aerobic performance

Abstract: The aim of this study was to analyze the aerobic performance of individuals who were submitted to a program of maximum intermittent training of short duration. For such investigation, fourteen subjects performed a set of tests, accomplishing a program of maximum intermittent training of short duration for eight weeks. Those tests consisted of the determination of the ventilatory threshold and the VO₂max, using the gas analyzer VO2000. In order to compare the status of the variables, it was applied the student “t” test for paired samples, using $p < 0,05$ as the significance level. By means of the data analysis, it was possible to verify that intense anaerobic stimulus could also provoke modifications in the aerobic condition, as it was observed in the improvement of the peak oxygen consumption and in the efficiency of the cardiac muscle, indicated by the behavior of the double product, of the individuals who were submitted to the training program.

Key Words: Anaerobic Threshold. Cardiovascular System. Glycolysis.

Introdução

A preocupação de todos os pesquisadores e treinadores em analisar os efeitos específicos provocados pelos programas de treinamento reside principalmente no fato de que, ao mesmo tempo em que alguns exercícios podem auxiliar na melhora do rendimento atlético, modelos de treinamento que fogem à especificidade da atividade realizada pelo atleta podem vir a prejudicar o desempenho ao invés de melhorá-lo (Tourinho, 2001).

De acordo com Viru e Viru (1993), há, basicamente, duas direções principais referentes à influência do treinamento sobre as adaptações obtidas pelo organismo: a primeira diz respeito à ação do treinamento de força sobre as miofibrilas, que dependerá da quantidade de sobrecarga aplicada e do número de contrações realizadas; a segunda refere-se à influência do treinamento de resistência aeróbia sobre as mitocôndrias, que, nesse caso, dependerá do período total de

duração da oxidação na musculatura esquelética e da proporção de oxidação durante esse período.

Apesar das evidências sobre a natureza específica dos efeitos do treinamento sobre o organismo, a literatura tem também alertado para a existência de estudos nos quais se verificou que alguns modelos de treinamento foram capazes de provocar adaptações que possibilitaram um melhor rendimento tanto do metabolismo aeróbio quanto do anaeróbio (Gaiga e Docherty, 1995; Hickson et al., 1980; Hurley et al., 1984; Sale et al., 1990).

Dentro dessa linha de raciocínio alguns estudos têm buscado evidências científicas de que os esforços intermitentes máximos de curta duração possam exercer alguma influência sobre o metabolismo aeróbio (Hilty et al., 1989; Macdougall et al., 1998; Burgomaster et al., 2005; Fonseca et al., 2010).

Para Wadley & Rossignol (1998), o ponto de partida para esse tipo de investigação está centrado no fato de que, em um grande número de jogos coletivos, é exigida dos jogadores a participação repetida em esforços de curta duração que envolve a produção de velocidade máxima ou próxima do máximo, com apenas breves períodos de recuperação (esforço intermitente). Nesses casos, a manutenção da condição aeróbia poderia ser realizada apenas com os estímulos provenientes dos esforços intermitentes executados durante os jogos (Cartesiano et al., 1997; Hoffman et al., 1991; Tavino et al., 1995; Tourinho, 2001).

Procurando seguir esta linha de raciocínio, o presente estudo teve como objetivo analisar o desempenho aeróbio de sujeitos submetidos a um programa de treinamento intermitente máximo de curta duração durante oito semanas.

Metodologia

Seleção da amostra

A amostra foi selecionada de forma não-aleatória, sendo composta por 14 voluntários masculinos, fisicamente ativos com idade média de $25,5 \pm 1,70$ anos, que no momento do estudo, realizavam apenas o programa de treinamento intermitente máximo de curta duração. O tamanho da amostra foi determinado por conveniência, mediante a disponibilidade e aceitação dos sujeitos em participar do estudo.

Foram adotados como critério de exclusão do estudo, os sujeitos que tivessem uma frequência menor que 90% no programa de treinamento e que apresentassem algum problema cardíaco e musculoesquelético que durante o estudo pudesse sofrer alguma intercorrência, comprometendo a sua integridade física.

Coleta de dados

Após assinarem o termo de consentimento livre e informado, os indivíduos compareceram ao laboratório em momentos distintos para a realização da bateria de testes proposta pelo presente estudo e para a realização do programa de treinamento.

No primeiro dia, os avaliados realizaram as medidas antropométricas (peso = $73,98 \pm 6,58$; estatura = $178,84 \pm 6,25$) e foram informados sobre o programa de treinamento que iriam realizar. A mensuração do limiar ventilatório e do $VO_{2\text{pico}}$ foi realizado em um segundo dia.

O presente estudo atendeu as normas da Resolução 196/96 do Conselho Nacional da Saúde de 10/10/96 para a realização de pesquisa em seres humanos e foi submetido e aprovado pelo Comitê Local de Ética em Pesquisa (processo n. 0103.0.398.000-08).

Determinação do limiar ventilatório

Para a determinação das variáveis utilizadas para medir o desempenho aeróbio foi utilizado um teste incremental do tipo “rampa” realizado em um cicloergômetro mecânico, determinando-se o limiar ventilatório com base no comportamento das seguintes variáveis: equivalente ventilatório de oxigênio (VE/VO_2), ventilação (VE) e produção de dióxido de carbono (VCO_2), medidas por meio do analisador de gases VO2000 (Roberts e Robergs, 2002; Neder e Nery, 2003). O teste constou de um aquecimento de três minutos com carga zero, um período de incrementação (8 a 12 minutos) e um período de recuperação ativa na carga zero com duração de 3 minutos (Neder & Nery, 2003). No período de incrementação foram aplicadas cargas de 0,5kp por minuto ($30W \cdot \text{min}^{-1}$). Durante o período de incremento de cargas o avaliado manteve o ritmo de pedalagem no cicloergômetro de 60 rpm. Ao final de cada estágio, foi anotada a frequência cardíaca com um monitor de frequência cardíaca marca Polar – Modelo Sport Tester™ GBR 165020. No momento em que foi detectado o limiar ventilatório foram registradas as seguintes

variáveis: carga em watts em que foi determinado o limiar ventilatório (CargaLv); consumo de oxigênio por frequência cardíaca (VO_2Lv/Fc); frequência cardíaca (FcLv) e; duplo produto (DPLv).

Determinação do Consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico})

O consumo de oxigênio de pico (VO_{2pico}) foi determinado de forma direta, por meio da análise de gás realizado pelo equipamento VO2000, no momento em que os avaliados demonstraram a incapacidade de acompanhar o ritmo empregado pelo protocolo do teste em cicloergômetro mecânico (60rpm). Para a avaliação do VO_{2pico} foi realizado o mesmo teste empregado na determinação do limiar ventilatório.

Além do valor de VO_{2pico} também foram registradas as seguintes variáveis: consumo de oxigênio por frequência cardíaca no momento da determinação VO_{2pico} (VO_{2pico}/Fc); frequência cardíaca referente ao momento da identificação do VO_{2pico} ($FcVO_{2pico}$) e; duplo produto calculado no momento da determinação do VO_{2pico} ($DPVO_{2pico}$) com o auxílio de um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio da marca Sankey.

Programa de treinamento intermitente máximo de curta duração

O programa de treinamento consistiu de esforços máximos de trinta segundos, realizados em um cicloergômetro mecânico, semelhante ao procedimento utilizado para a realização do teste

de Wingate. O treinamento começou com a execução de quatro repetições de esforço máximo, com intervalos de quatro minutos entre as repetições durante as duas primeiras semanas de treinamento. Na terceira e quarta semana foram realizadas cinco repetições, com o mesmo intervalo de recuperação. Na quinta e sexta semana foi aumentada para seis repetições, com um intervalo de recuperação também de quatro minutos e na sétima e oitava semana para oito repetições de esforços intermitentes em cicloergômetro, com um intervalo de três minutos entre um esforço e outro (Quadro 1). A carga utilizada para a realização dos esforços foi de $0,075Kp.kg^{-1}$. Entre os esforços máximos foi permitido aos sujeitos pedalar sem carga no cicloergômetro a fim de auxiliar na recuperação

Quadro 1. Programa de treinamento intermitente

SEMANAS	SÉRIES	RECUPERAÇÃO
1 ^a e 2 ^a	4 x 30seg	4 min
3 ^a e 4 ^a	5 x 30seg	4 min
5 ^a e 6 ^a	6 x 30seg	4 min
7 ^a e 8 ^a	8 x 30seg	3 min

Tratamento estatístico

A fim de atender aos objetivos propostos para o estudo, as informações coletadas foram tratadas estatisticamente mediante o uso do pacote computadorizado *Statistic for Windows*, adotando-se o seguinte procedimento: para comparar o comportamento das variáveis aeróbias antes e após o programa de treinamento intermitente máximo de curta duração foi utilizado o teste "t" de student para amostras pareadas, adotando-se um nível de significância $p \leq 0,05$.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 encontram-se os valores médios das variáveis relacionadas ao desempenho aeróbio dos sujeitos que passaram por um programa de treinamento intermitente máximo de curta duração durante oito semanas.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão das variáveis relacionadas ao desempenho aeróbio dos sujeitos submetidos ao programa de treinamento intermitente máximo de curta duração.

Variáveis	n	Xpré	Xpós	t	p
CargaLv (w)	14	107,14±22,07	113,57±19,63	1,16	0,27
VO_{2pico} (ml.kg.min)	14	40,11±3,78	46,18±4,47	9,27	0,0000*
VO_{2Lv}/Fc (ml.kg.min)	14	10,81±1,60	11,94±1,83	3,1	0,0085*
VO_{2pico}/Fc (ml.kg.min)	14	16,67±2,26	19,36±1,89	4,99	0,00024*
FcLv (bpm)	14	117±15	115±12	0,31	0,76
Fc VO_{2pico} (bpm)	14	180±11	177±12	0,86	0,40
DPLv	14	14440,84±2833,76	13781±1351,44	0,98	0,35
DP VO_{2pico}	14	22605,31±3238,42	20771,19±2128,87	2,45	0,029*

As variáveis CargaLv, FcLv, FcVO₂pico e DPLv não apresentaram diferenças estatisticamente significativas do início para o final do programa de treinamento. No entanto, as variáveis VO₂pico, VO₂Lv/Fc, VO₂pico/Fc e DPVO₂pico mostraram diferenças significativas quando comparadas antes e depois da realização do programa de treinamento intermitente máximo de curta duração. Com exceção da variável referente ao consumo de oxigênio por frequência cardíaca no momento da determinação do limiar ventilatório (VO₂Lv/Fc), percebe-se que as demais variáveis que apresentaram adaptações significativas frente ao programa de treinamento estão todas ligadas ao momento em que foi identificado o VO₂pico. Tais achados sugerem que as adaptações provocadas pelo estímulo intermitente máximo de curta duração, provavelmente, estejam mais ligadas à potência aeróbia, inferida pelo valor de VO₂pico, do que às variáveis relacionadas com a resistência aeróbia, avaliada no momento da determinação do limiar ventilatório.

Dentre os estudos que procuraram investigar a influência de estímulo proveniente de esforços intermitentes máximos e de curta duração sobre variáveis aeróbias encontra-se o trabalho dirigido por [Hilty](#) et al (1989), que teve como objetivo determinar algumas respostas hemodinâmicas ao exercício máximo e submáximo de ratos que foram expostos a um treinamento intermitente de intensidade máxima e de ratos que serviram como grupo-controle. O treinamento intermitente, que teve duração de seis semanas, consistiu de cinco repetições de corrida em esteira rolante, com duração de um minuto cada corrida, em cargas de trabalho na esteira (15% de elevação e 97m/min) que excediam o consumo máximo de oxigênio dos animais. Em síntese, [Hilty](#) et al. (1989) relataram que os resultados do estudo demonstraram que o treinamento intermitente realizado em uma intensidade máxima produziu um aumento significativo no VO₂máximo dos ratos quando expresso em valores absolutos (ml/min) ou quando normalizados pelo peso corporal (ml/Kg.min). A diferença verificada no VO₂máximo após as seis semanas de treinamento deveu-se, basicamente, a um aumento no débito cardíaco e volume de ejeção detectado nos ratos que passaram pelo treinamento intermitente. Ainda para os autores, já que a diferença arteriovenosa de oxigênio e a atividade das enzimas citrato-sintetase e fosfofrutoquinase dos ratos treinados

foram similares aos valores apresentados pelos ratos sedentários, parece razoável sugerir que o aumento no VO₂máximo produzido pelo treinamento intermitente em ratos esteve fortemente ligado a um aumento na função cardíaca central (mecanismo central), como indicado pelo maior desempenho no débito cardíaco e volume de ejeção.

Procurando estabelecer uma relação entre estímulos anaeróbios e melhora no desempenho aeróbio [Macdougall](#) et al. (1998) sugerem que o treinamento em uma intensidade que excede o VO₂máximo pode ser um componente mais importante do que o próprio volume do treinamento para estimular um aumento no potencial oxidativo muscular, além de otimizar a capacidade glicolítica muscular.

Com a mesma intenção de investigar os possíveis efeitos do treinamento intermitente máximo sobre as respostas adaptativas do organismo, [Macdougall](#) et al. (1998) dirigiram um estudo com vinte sujeitos, saudáveis, do sexo masculino, que passaram por um intenso treinamento intervalado durante sete semanas. O treinamento consistiu de esforços máximos de trinta segundos, realizados em um cicloergômetro mecânico (semelhante ao procedimento do teste de Wingate). Nesse estudo, [Macdougall](#) et al. (1998), puderam observar que o programa de treinamento resultou em um aumento significativo na produção de potência de pico, trabalho total e do VO₂máximo dos sujeitos. A atividade máxima das enzimas hexoquinase, fosfofrutoquinase, citrato-sintetase, succinato-desidrogenase e malato desidrogenase também apresentou um aumento estatisticamente significativo após o treinamento. Para os autores, o aumento na produção de potência máxima pode ter sido resultado do aumento da atividade enzimática glicolítica e do aumento da capacidade da bomba de sódio e potássio, ao passo que o aumento da atividade enzimática mitocondrial pode ter sido um resultado do aumento da taxa de fluxo de piruvato em decorrência de tal modelo de treinamento.

Na prática, estas informações podem explicar o fato de atletas que são expostos a esforços intermitentes, como ocorre na maioria dos jogos coletivos, conseguirem manter durante a temporada de competições, a condição aeróbia, apenas com os estímulos provenientes das partidas disputadas, tendo em vista que, em função do calendário esportivo, os treinamentos

físicos ficam relevados a um segundo plano. Nos estudos que analisaram a condição aeróbia de atletas de diferentes esportes durante toda uma temporada ([Cartesiano](#) et al., 1997; [Hoffman](#) et al., 1991; [Tavino](#) et al., 1995; [Tourinho](#), 2001), a condição aeróbia manteve-se constante praticamente durante todo o período competitivo. Para os autores, parece que a condição aeróbia foi mantida graças à participação dos jogadores nas atividades de alta intensidade realizadas durante os jogos do campeonato ([Cartesiano](#) et al., 1997; [Tourinho](#), 2001).

Para [Wadley](#) e [Rossignol](#) (1998), o ponto de partida para esse tipo de conclusão está centrado no fato de que, em um grande número de jogos coletivos, é exigida dos jogadores a participação repetida em esforços de curta duração que envolve a produção de velocidade máxima ou próxima do máximo, com apenas breves períodos de recuperação (esforço intermitente).

Conclusões

Por meio da análise dos dados foi possível observar que o programa de treinamento intermitente máximo de curta duração provocou adaptações significativas nas variáveis aeróbias VO_2 pico, VO_2 Lv/Fc, VO_2 pico/Fc e $DPVO_2$ pico. Tais resultados indicam que estímulos anaeróbios intensos, mesmo realizados em curtos períodos de tempo – aplicação de cargas de esforço com duração de dois a quatro minutos (4 a 8 séries de 30seg) – também são capazes de provocar modificações na condição aeróbia como pode ser observado pela melhora do consumo de oxigênio de pico e pelo aumento da eficiência do músculo cardíaco, como pode ser observado no comportamento do duplo produto. Sugere-se que novos estudos sejam realizados, utilizando outras formas de estímulos intermitentes máximos de curta duração, talvez utilizando a própria movimentação realizada em esportes coletivos com o objetivo de verificar o impacto sobre a condição cardiorrespiratória e sua possível manutenção apenas com os estímulos provenientes dos jogos.

Referências

BURGOMASTER, K. A.; HUGHES, S. C.; HEIGENHAUSER, G. I. F.; BRADWEL, S. N.; GIBALA, M. J. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. **Journal of applied Physiology**, Bethesda, v. 98, p. 1985-1990, 2005.

CARTESIANO, A.; PATRICK, B. T.; EDENFIELD, W. L.; BATSON, M. J. The effects of a basketball season on aerobic and strength parameters among college men: Starters x Reserves. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 11, n. 1, p. 21-24, 1997.

FONSECA, R. M.; BARROSO, R.; PIVETTI, B. M. F.; SEABRA, F.; DREZNER, R.; FRANCHINI, E. Efeitos crônicos do treinamento de exercícios intermitentes de alta intensidade. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 99-112, 2010.

GAIGA, M. C.; DOCHERTY, D. The effect of an aerobic interval training program on intermittent anaerobic performance. **Canadian Journal of Applied Physiology**, Champaign, v. 20, n. 4, p. 452-464, 1995.

HICKSON, R. C.; ROSENKOETTER, M. A.; BROWN, M. M. Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown v. 12, n. 5, p. 336-339, 1980.

HILTY, M.R.; GROTH, H.; MOORE, R.L.; MUSCH, T.I. Determinants of VO_2 max in rats after high - intensity sprint training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 66, n. 1, p. 195-201, 1989.

HOFFMAN, J. R.; FRY, A .C.; HOWARD, R.; MARESH, C. M.; KRAEMER, W. J. Strength, speed and endurance changes during the course of a division I basketball season. **Journal of Applied Sport Science Research**, Philadelphia, v. 5, n. 3, p. 144-149, 1991.

HURLEY, B. F.; SEALS, D. R.; EHSANI, A. A.; CARTIER, L. J.; DALSKY, G. P.; HAGBERG, J. M.; HOLLOSZY, J. O. Effects of high-intensity strength training on cardiovascular function. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 16, n. 5, p. 483-488, 1984.

MacDOUGALL, J. D.; HICKS, A. L.; MAcDONALD, J. R.; McKELVIE, R. S.; GREEN, H. J.; SMITH, K. M. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 84, n. 6, p. 2138-2142, 1998.

NEDER, J. A.; NERY, L. E. **Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática**. São Paulo: Artes Médicas, 2003. p. 69–103.

ROBERGS, R. A.; ROBERTS, S. O. **Princípios fundamentais de fisiologia do exercício para aptidão, desempenho e saúde**. São Paulo: Phorte, 2002.
SALE, D. G.; MACDOUGAL, J. D.; JACOBS, I.; GARNER, S. Interaction between concurrent strength and endurance training. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 68, n. 1, p. 260-270, 1990.

TAVINO, L. P.; BOWERS, C. J.; ARCHER, C. B. Effects of basketball on aerobic capacity, anaerobic capacity, and body composition of male college players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 9, n. 2, p. 75-77, 1995.

TOURINHO, H. F. **Periodização de regimes de treinamentos antagônicos**: um estudo sobre o futsal. São Paulo, 2001. 261 f. Tese (Doutorado)–Escola de Educação Física e Esporte, Universidade de São Paulo, 2001.

WADLEY, G.; ROSSIGNOL, P. L. The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v. 1, n. 2, p. 100-110, 1998.

VIRU, A.; VIRU, M. The specific nature of training on muscle: a review. **Sports Medicine, Training and Rehabilitation**, [S.l.], v. 4, p. 79-98, 1993.

Endereço:
Hugo Tourinho Filho
Rua Capitão Araújo, 551/apto 303
Passo Fundo RS Brasil
99010-200
e-mail: tourinho@upf.br

Recebido em: 28 de janeiro de 2010.

Aceito em: 10 de dezembro de 2010.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Creative Commons - Atribuição 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)