Validação de uma equação para o cálculo das variáveis de configuração do treinamento intervalado aeróbio

AUTORES:

Renato Carvalho Guerreiro ¹
 Bruno Ribeiro R. de Oliveira ^{1,2}
 F. A. Slama ¹
 M. C. Guimarães Júnior ¹
 D. M. Oliveira ¹
 T. M. Santos ³

¹ Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, Brasil

² Universidade Presidente Antônio Carlos, UNIPAC Barbacena, Minas Gerais, Brasil

³ Universidade Federal de Pernambuco, PE, Brasil

PALAVRAS CHAVE:

VO₂. Ponto de compensação respiratória. Corrida. Treino contínuo.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi validar uma equação para o cálculo das variáveis de configuração de sessões de treino intervalado (HIT). Quinze homens foram submetidos a 3 visitas em esteira rolante. Foi realizado um teste de esforço máximo para a determinação do ponto de compensação respiratória (PCR), e do VO_{2max}. Posteriormente, os participantes foram submetidos a uma sessão de treino contínuo (TC) e uma sessão de HIT com ordem determinada por sorteio. Ambas as sessões foram configuradas com uma intensidade média de 85% do PCR. As variáveis do HIT foram arbitrariamente definidas *a priori* para todos os participantes, com exceção do tempo de recuperação que foi estimado conforme a equação proposta pelo presente estudo. Um teste t pareado demonstrou que não houve diferença significativa ($t=1.43$; $p=.179$) entre o VO₂ da sessão HIT ($35.1 \pm 5.27 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) e da sessão de TC ($34.0 \pm 5.37 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). O VO₂ no HIT apresentou maior associação com o VO₂ equivalente a 85% do PCR ($r^2=.85$) que o TC ($r^2=.64$). Em resumo, a equação proposta mostrou-se válida para o cálculo do tempo de recuperação necessário para atingir a intensidade média do HIT definida *a priori*.

Correspondência: Renato Carvalho Guerreiro. Universidade Gama Filho - UGF, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Validation of an equation

for calculating the configuration variables
of the interval aerobic training

ABSTRACT

The purpose of this study was to validate an equation for calculating the configuration variables of interval training sessions (HIT). Fifteen men underwent three visits on a treadmill. A maximum effort test was performed to determine the respiratory compensation point (RCP), and VO_{2max} . Later, participants were subjected to a continuous training session (CT) and a HIT session with a random order. Both sessions were configured with an average intensity of 85% of the RCP. The HIT variables were arbitrarily defined a priori for all participants except the recovery time that was estimated according to the equation proposed by this study. A paired t-test showed no significant difference ($t=1,43$; $p=0.179$) between the VO_2 of the HIT session ($35,1 \pm 27,5 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) and TC session ($34.0 \pm 5,37 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$). The HIT VO_2 showed greater association with VO_2 equivalent to 85% of RCP ($r^2=0.85$) than to the TC ($r^2=0.64$). In summary, the proposed equation showed to be valid for the calculation of the recovery time necessary to achieve the HIT average intensity defined *a priori*.

KEY WORDS:

VO_{2max} , Respiratory compensation point. Running. Continuous training

INTRODUÇÃO

O treino intervalado (HIT) é um método de treinamento utilizado na preparação atlética desde 1920 ⁽⁷⁾. Na década de 1950 o HIT se tornou mais evidente, popularizado pelo campeão olímpico Emil Zatopek ⁽⁶⁾. Embora o HIT seja utilizado na prática esportiva há quase um século, o interesse científico acerca deste tema se acentuou a partir da segunda metade da década de 1990. Atualmente sabe-se que esta abordagem de treinamento promove superiores benefícios quando comparado às abordagens menos intensas de treinamento tanto para o desempenho ^(9,11) quanto para a saúde ⁽²¹⁾ no emagrecimento ⁽²⁾ e doença arterial coronariana ⁽²⁰⁾. Em uma meta análise, Weston et. al ⁽²¹⁾ concluíram que o HIT foi quase o dobro superior ao TC em melhorar a aptidão em sujeitos com doença arterial coronariana, insuficiência cardíaca, hipertensão, síndrome metabólica e obesidade.

O HIT é caracterizado pela realização de estímulos repetidos (curtos ou longos) geralmente em alta intensidade, intercalado com períodos de recuperação ⁽⁶⁾ ativa ou passiva ⁽⁵⁾. No detalhamento da configuração do HIT, Buchheit e Laursen ⁽⁷⁾ destacaram nove variáveis de manipulação para a prescrição do HIT (número de séries e repetições, tempo e intensidade de estímulo e de recuperação, tempo e intensidade de recuperação entre as séries e tipo de exercício). Entretanto, nem todo HIT envolve todas as variáveis como descrito por Buchheit e Laursen ⁽⁷⁾, tendo sido destacado por Seiller e Sjursen ⁽¹⁸⁾ cinco variáveis essenciais ao HIT (tempo e intensidade de estímulo e recuperação, e o tempo total de exercício).

Complementarmente, Saltin citado por Billat ⁽⁶⁾ sugeriu o cálculo de algumas variáveis de caracterização do HIT (intensidade, amplitude de treinamento, relação estímulo/recuperação e a duração e distância percorrida no estímulo e na recuperação). Tais variáveis possibilitam uma maior compreensão das características de uma determinada configuração do treino, viabilizando um melhor registro e possível controle das cargas esperadas no treinamento.

O cálculo das variáveis de caracterização do HIT, embora inovador, apresenta algumas limitações. A intensidade por exemplo, é resultado da soma das intensidades de estímulo e recuperação dividido por dois, podendo dessa forma não representar de forma precisa a real intensidade de diferentes modelos de HIT. Esse cálculo desconsidera os tempos de estímulos e recuperação em sua concepção, sendo viável apenas para HIT com relação estímulo recuperação 1:1. Como proposta, sugerimos uma equação que incorpore em sua fórmula os tempos de estímulo e recuperação para o cálculo da intensidade média (IM) do HIT. Em adendo vale destacar que ainda não há na literatura estudos validando o uso da equação para cálculo da intensidade média no HIT. Dessa maneira o estudo se propõe a validar a fórmula para cálculo da intensidade média.

MATERIAL E MÉTODOS

SUJEITOS

Participaram do estudo quinze homens de uma comunidade universitária. Como critério de inclusão os sujeitos deveriam ter entre 18 e 45 anos, e serem classificados como de baixo risco de doença cardiovascular ⁽¹⁾. Foram adotados como critérios de exclusão lesões músculo-esqueléticas, doenças que limitam a prática de atividades físicas ou pressão arterial (PA) de repouso acima de 139/89 mmHg. O presente estudo fez parte de um projeto maior ⁽¹⁶⁾ e foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Gama Filho – UGF RJ (# 101.2011).

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os sujeitos foram submetidos a um total de três visitas. Foi adotado um intervalo de dois a sete dias entre as visitas. Na primeira visita, todos os sujeitos que atenderam aos critérios de inclusão e consentiram em participar do estudo assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, após leitura e esclarecimentos com os pesquisadores responsáveis, no qual foram informados detalhadamente os procedimentos realizados nos testes, bem como os riscos e benefícios do envolvimento deles no estudo. Ainda na primeira visita foram realizadas medidas antropométricas e um teste progressivo máximo. Nas duas visitas subsequentes, foram realizados dois treinos sendo um intervalado e outro contínuo. Durante todos os testes foram registradas continuamente as medidas de frequência cardíaca (*RS800CX*, *Polar Electro OY*, Kempele, Finlândia) e de troca gasosa (*Cortex Metalizer II*, *Cortex Biophysik GmbH*, Leipzig, Alemanha). Os equipamentos foram calibrados antes de cada teste com base nas instruções do fabricante. Os participantes foram instruídos a não consumir cafeína ou realizar qualquer exercício nas 24 horas precedentes aos testes.

PROCEDIMENTOS

ANTROPOMETRIA. Foram realizadas medidas de estatura e massa corporal e posteriormente calculado o IMC. Para determinar o percentual de gordura corporal foram realizadas as medidas de densidade corporal pelo protocolo de três dobras de Jackson e Pollock ⁽¹³⁾ e aplicada a equação de Siri ⁽¹⁹⁾ para converter densidade em % de gordura corporal.

TESTE PROGRESSIVO MÁXIMO. Os participantes realizaram um teste de esforço máximo em esteira para determinar a FC máxima, ponto de compensação respiratória (PCR) como proposto por Beaver et al. ⁽⁴⁾ e o VO_{2Máx} foi determinado pelo maior VO₂ durante o teste. O teste progressivo de esforço máximo era iniciado após um aquecimento de 5 minutos a 5 km.h⁻¹. A velocidade inicial foi fixada em 8,5 km.h⁻¹, e mantida por três minutos para estabilizar a demanda metabólica para o padrão de movimento, seguido por incrementos de 1,5 km.h⁻¹, a cada estágio de dois minutos.

PROTÓCOLOS DE TC E HIT. Nas visitas subsequentes, os participantes foram submetidos a uma sessão de treino contínuo (TC) e uma sessão de HIT com ordem determinada por sorteio.

Ambas as sessões foram configuradas em igual intensidade (85%* do PCR) e duração estabelecida em 50% do recomendado por Santos et al. ⁽¹⁷⁾.

TREINO CONTÍNUO. No TC a velocidade da corrida foi ajustada a partir da velocidade no teste incremental máximo correspondente à intensidade desejada. Ex: em média 85% do PCR correspondeu a 71% do VO_{2Máx}, neste caso o TC seria realizado na velocidade que correspondeu ao consumo de 71% do VO_{2Máx} no teste incremental máximo.

TREINO INTERVALADO. O HIT foi configurado com estímulos de 2 minutos a 100% da VO_{2Máx} e com recuperação passiva (0%), sendo que o tempo de recuperação foi configurado conforme a equação 1, para que o treino se adequasse a intensidade média determinada (85% do PCR = em média a 71% VO_{2Máx} — valor utilizado no cálculo para exemplo no quadro 1). A equação 1 é um modelo matemático baseado na equação 2. Na equação 1 foi isolada a variável de tempo de recuperação uma vez que essa era a única variável desconhecida e todas outras já haviam sido definidas. Outros modelos seguindo o mesmo padrão de cálculo para cada variável de treino encontra-se disponível na tabela 1.

TR = (TE X IE - IM X TE) / (IM - IR)

Onde: TR – tempo de recuperação; TE – tempo de estímulo; IE – intensidade de estímulo; IM – intensidade média; e IR – intensidade de recuperação. EQ. 1

IM = (TE X IE + TR X IR) / (TE + TR)

Onde: IM – intensidade média; TE – tempo de estímulo; IE – intensidade de estímulo; TR – tempo de recuperação; e IR – intensidade de recuperação. EQ. 2

QUADRO 1 — Exemplos práticos de aplicação das equações 1 e 2

EXEMPLO DO CÁLCULO UTILIZADO NA EQUAÇÃO 1		EXEMPLO DO CÁLCULO UTILIZADO NA EQUAÇÃO 2	
TR=	(TE X IE - IM X TE) / (IM-IR)	IM=	(TE X IE - TR X IR) / (TE + TR)
TR=	(2 X 100 - 71 X 2) / (71-0)	IM=	(2 X 100 - 0,82 X 0) / (2 +0,82)
TR=	(200 - 142) / 71	IM=	(200 - 0) / 2,81
TR=	58 / 71	IM=	200 / 2,81
TR=	0,82' OU 49"	IM=	71% VO _{2Máx}

TABELA 1 — Equações para cálculo de diferentes variáveis do treino intervalado

VARIÁVEL	EQUAÇÕES
Intensidade Média	$(TE \times IE + TR \times IR) \div (TE + TR)$
Intensidade de Estímulo	$(IM \times TE + IM \times TR - TR \times IR) \div TE$
Intensidade de Recuperação	$IM \times TE + IM \times TR - TE \times IE \div TR$
Tempo de Recuperação	$(TE \times IE - IM \times TE) \div (IM - IR)$
Tempo de Estímulo	$(TR \times IR - IM \times TR) \div (IM - IE)$

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi testada a normalidade dos dados por teste de Shapiro Wilk. Para determinação da validade da equação, foi realizada uma regressão entre o VO₂ médio medido na seção HIT e TC, e o VO₂ pretendido (85% da PCR obtido no teste incremental máximo) calculado pela equação 2. Ainda foi feita um cálculo hipotético demonstrando os valores que seriam reportados caso fosse utilizada a equação proposta por Saltin. Além disso, visando comparar o quanto a estimativa difere do valor real medido e se a diferença entre as medidas está relacionada com a sua magnitude, foi realizada a análise por inspeção visual através das representações gráficas de Bland Altman. De forma complementar o VO₂ da sessão de HIT foi comparado ao VO₂ da sessão de TC em um teste t pareado.

RESULTADOS

As características dos sujeitos são apresentadas na Tabela 2. Após teste de Shapiro Wilk não foi rejeitada a normalidade dos dados tendo sido realizada as análises paramétricas. O teste t pareado demonstrou não haver diferença (t=1,43; p=0,179) entre o VO₂ da sessão de HIT (35,1 ± 5,3 mL.kg⁻¹.min⁻¹) e de TC (34,0 ± 5,4 mL.kg⁻¹.min⁻¹). Na regressão linear entre o VO₂ medido nas seções e o esperado demonstrou que a estimativa do TI apresentou melhor associação (r²=0,85) quando comparada a seção de TC (r²=0,64) além de menor erro padrão da estimativa (2,10 e 3,38 mL.kg⁻¹.min⁻¹) respectivamente (Figura 1). Na análise gráfica de Bland Altman é possível observar menor dispersão dos valores no HIT quando comparado ao TC. Além disso, é possível observar que a equação tem uma leve tendência em subestimar o consumo real do HIT e na análise da equação de Saltin demonstra uma considerável subestimativa do VO₂ em HIT.

FIGURA 1 — Associação entre o VO₂ médio estimado e o VO₂ real da sessão de HIT

DISCUSSÃO

A proposta do artigo visa elucidar melhor os cálculos a serem utilizados quando se objetiva estimar a intensidade média em um HIT ou quando se objetiva comparar o HIT ao TC mantendo igual intensidade em demanda de VO_2 . Ultimamente o treinamento intervalado vem ganhando destaque tendo sido concluído em recente meta análise como um melhor método para se desenvolver a condição aeróbia ⁽³⁾. Em diversos anos é possível observar na literatura alguns estudos comparando o treino contínuo ao intervalado ^(8, 10, 14-16, 22). Até onde observamos a maioria dos estudos se propõe a investigar o HIT com RER de 1:1 onde o cálculo proposto por Saltin é visto como adequado. Entretanto não se sabe se as investigações até então seriam limitadas pela impossibilidade de definir uma estratégia para equalizar o HIT ao TC ou se pelo menor interesse dos pesquisadores em investigar treinos com RER diferentes de 1:1. Além disso dos diversos estudos comparando TC ao HIT foi identificado apenas um relatando o uso de uma equação para equalizar a intensidade dos treinos ⁽¹⁶⁾. Vale destacar que em estudos comparativos nem sempre a equalização nem sempre é desejada ⁽¹⁴⁾.

Dois estudos comparativos de TC e HIT com RER diferentes de 1:1 ^(8, 22) foram analisados. Coppoolse, et al em seu estudo apenas declaram que a intensidade foi equalizada não tendo citado ou demonstrado como teria sido sua equalização ⁽⁸⁾. Como ponto positivo do estudo de Coppoolse, et al. destacamos que se a equação fosse aplicada nas cargas descritas no estudo o VO_2 estimado seria considerado o mesmo para o TC e HIT. Wisloff et al. ⁽²²⁾ utilizaram faixas de intensidade e não um único valor e embora não pode-se afirmar é possível considerar que as intensidades médias de HIT e TC foram próximas aplicando a equação aqui proposta. McKay et al. ⁽¹⁴⁾, embora tenham comparado o TC ao HIT, não equalizaram nem intensidade nem carga total de trabalho. Embora seja possível observar na literatura a frequente ausência da informação sobre o controle utilizado para a equalização da intensidade média quando se compara TC ao HIT destaca-se Gorostiaga et al. ⁽¹⁰⁾ que, em seu estudo, demonstraram em tabela que o consumo médio de oxigênio não diferiu em ambos treinos, e Oliveira et al. ⁽¹⁶⁾ que fizeram uso da equação para equalizar as intensidades de TC e HIT. Vale destacar que embora a estratégia utilizada por Gorostiaga et al. de demonstrarem a equalização do VO_2 seja interessante, não podemos afirmar se a equalização aconteceu ao acaso ou se foi intencional. Dessa forma faz-se necessário a utilização de um instrumento, como essa equação, que possa garantir desde um primeiro momento que os valores de consumo de determinado HIT será igual ao do TC.

A correlação da estimativa da equação para o HIT foi classificada como muito grande ($r^2=0,85$) enquanto que o TC apresentou correlação grande ($r^2=0,64$) ⁽¹²⁾ indicando que a equação é um bom modelo de controle da intensidade média esperada em HIT, sendo uma importante ferramenta para uso de treinadores e/ ou pesquisadores.

A proposta de cálculo apresentada no presente estudo abre caminhos para que análise de outros modelos de HIT possam ser investigados e comparados ao TC de forma confiável. Além disso esse cálculo permitirá a treinadores estimar a intensidade que se espera HIT seja qual for a modelagem proposta. Complementarmente, tais equações possibilitam uma abordagem inversa, definindo a priori as variáveis de caracterização, e ajustando as variáveis de manipulação para se adequarem a estas condições. Além disso o modelo aqui proposto pode ainda ser utilizado em pesquisas que pretendem comparar TC e HIT com igual carga de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Bruno Ribeiro Ramalho Oliveira e Renato Carvalho Guerreiro possuem bolsa de estudos do CNPq.

REFERÊNCIAS

1. ACSM (2010). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8th ed. Baltimore (MD): Lippincott Williams & Wilkins.
2. Alizadeh Z, Kordi R, Rostami M, Mansournia MA, Hosseinzadeh-Attar SM, Fallah J (2013). Comparison between the effects of continuous and intermittent aerobic exercise on weight loss and body fat percentage in overweight and obese women: a randomized controlled trial. *Int J Prev Med* 4: 881-8.
3. Bacon AP, Carter RE, Ogle EA, Joyner MJ (2013). VO2max trainability and high intensity interval training in humans: a meta-analysis. *PLoS One* 8: e73182.
4. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 60: 2020-7.
5. Ben Abderrahman A, Zouhal H, Chamari K, Thevenet D, de Mullenheim PY, Gastinger S, Tabka Z, Prioux J. (2013). Effects of recovery mode (active vs. passive) on performance during a short high-intensity interval training program: a longitudinal study. *Eur J Appl Physiol* 113: 1373-83.
6. Billat LV (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med* 31: 13-31.
7. Buchheit M, Laursen PB (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med* 43: 313-38.
8. Coppoolse R, Schols AM, Baarends EM, Mostert R, Akkermans MA, Janssen PP, et al. (1999). Interval versus continuous training in patients with severe COPD: a randomized clinical trial. *Eur Respir J* 14: 258-63.
9. Gormley SE, Swain DP, High R, Spina RJ, Dowling EA, Kotipalli US, Gandragota R. (2008). Effect of Intensity of Aerobic Training on VO2max. *Med Sci Sports Exerc* 40: 1336-43.
10. Gorostiaga EM, Walter CB, Foster C, Hickson RC (1991). Uniqueness of interval and continuous training at the same maintained exercise intensity. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 63: 101-7.
11. Helgerud J, Hoydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, Simonsen T, Helgesen C, Hjorth N, Bach R, Hoff J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO2max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc* 39: 665-71.
12. Hopkins WG (2002). A Scale of Magnitudes for Effect Statistics. [Acessado em 12 de fevereiro de 2013]. Disponível em: <http://sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>.
13. Jackson AS, Pollock ML (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 40: 497-504.
14. McKay BR, Paterson DH, Kowalchuk JM (2009). Effect of short-term high-intensity interval training vs. continuous training on O2 uptake kinetics, muscle deoxygenation, and exercise performance. *J Appl Physiol* 107: 128-38.
15. McManus AM, Cheng CH, Leung MP, Yung TC, Macfarlane DJ (2005). Improving aerobic power in primary school boys: a comparison of continuous and interval training. *Int J Sports Med* 26: 781-6.
16. Oliveira BR, Slama FA, Deslandes AC, Furtado ES, Santos TM (2013). Continuous and high-intensity interval training: which promotes higher pleasure? *PLoS One* 8: e79965.
17. Santos TM, Gomes PSC, Oliveira BRR, Ribeiro LG, Thompson WR (2012). A new strategy for the implementation of an aerobic training session. *J Strength Cond Res* 26: 87-93.
18. Seiler S, Sjursen JE (2004). Effect of work duration on physiological and rating scale of perceived exertion responses during self-paced interval training. *Scand J Med Sci Sports* 14: 318-25.
19. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density. Em: *Techniques of Measuring Body Composition*. Washington D.C: National Academy of Science; 1961.
20. Warburton DE, McKenzie DC, Haykowsky MJ, Taylor A, Shoemaker P, Ignaszewski AP, Chan SY (2005). Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 95: 1080-4.
21. Weston KS, Wisloff U, Coombes JS (2013). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* (Epub ahead of print)
22. Wisloff U, Stoylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo O, Haram PM, et al. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation* 115: 3086-94.