

Comparação de métodos para a determinação da intensidade do treinamento aeróbico para indivíduos jovens

Fernando Policarpo Barbosa¹

fpolicarpo@uol.com.br

Suzet T Cabral¹

suzett@gmail.com

Asdrúbla N Montenegro Neto¹

asdrubla@yahoo.com.br

Ricardo B Mayolino²

rbmayolino@terra.com.br

Maria Irany Knackfuss¹

macknackfuss@gmail.com

Paula Roquetti Fernandes³

paularf@uol.com.br

Ricardo W Roquetti⁴

ric_roquetti@bol.com.br

José Fernandes Filho⁵

jff@cobrase.org.br

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN - RN

²Universidade Católica de Brasília - UCB - DF

³Universidade do Grande Rio - UNIGRANRIO - RJ

⁴Instituto de Tecnologia da Aeronáutica - ITA - SP

⁵Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ - RJ

Barbosa FP, Montenegro Neto AN, Mayolino RB, Knackfuss MI, Fernandes PR, Roquetti RW. Comparação de métodos para a determinação da intensidade do treinamento aeróbico para indivíduos jovens. Fit Perf J. 2007;6(6):367-70.

RESUMO: Introdução: A determinação da intensidade dos exercícios aeróbicos tem como referenciais o limiar anaeróbico e o ponto de compensação respiratório. Esses marcadores fisiológicos, em geral, estão situados aproximadamente a 50% e 80% do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), respectivamente. O presente estudo teve por objetivo comparar os percentuais de 50%, 60%, 70% e 80%, calculados pelas equações FCR e VO_{2R} com os percentuais de correspondência do $VO_{2máx}$ em indivíduos jovens ativos. **Materiais e Métodos:** Foram avaliados 11 homens e 10 mulheres com $21,43 \pm 2,82$ anos, massa corporal de $64,86 \pm 12,17$ kg e estatura de $170,05 \pm 9,12$ cm, que foram submetidos a teste de esforço incremental em esteira rolante com análise direta de gases de circuito aberto até a exaustão. **Resultados:** as intensidades estudadas apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) para todos os percentuais do $VO_{2máx}$. Os valores calculados pela FCR subestimaram as intensidades, enquanto as intensidades determinadas pelo VO_{2R} tenderam a superestimar. **Conclusão:** Conclui-se que os dois métodos para a determinação das intensidades de treinamento aeróbico necessitam de ajustes nas equações, em razão das diferenças observadas para os percentuais do $VO_{2máx}$.

Palavras-chave: consumo de oxigênio, frequência cardíaca, teste cardiorrespiratório.

Endereço para correspondência:

Laboratório de Biotécnicas da Motricidade Humana - Campus Universitário - BR 101 s/nº - Lagoa Nova - Natal - RN CEP 59072-970

Data de Recebimento: Março / 2007

Data de Aprovação: Agosto / 2007

Copyright© 2007 por Colégio Brasileiro de Atividade Física Saúde e Esporte.

ABSTRACT

Comparison of methods for the determination of the intensity of the aerobic training for young individuals

Introduction: In order to determine the intensity of aerobic exercises, the anaerobic threshold and the respiratory compensation are used as a reference. These physiological markers are generally located at nearly 50% and 80% of the maximum oxygen uptake (VO_{2max}). Objective: to compare the percentages of 50%, 60%, 70% and 80% calculated through the HRR and VO_2R equations corresponding to the oxygen consumption obtained by using the direct method. Materials and Methods: the sample was composed of 11 men and 10 women: aged 21.43 ± 2.82 years, body weight, 64.86 ± 12.17 kg, and stature, 170.05 ± 9.12 cm, performing the maximum treadmill test and the oxygen consumption obtained by a metabolic analyzer. To determine the percentages, we used the mean values corresponding to the studied intensities according to the respective time interval relative to the percentage of oxygen consumption. Results: The measured intensities showed some significant difference ($p > 0.05$) for all reference values. The mean values calculated by HRR showed a tendency to underestimate the intensities, while the values calculated by VO_2R showed a tendency to overestimate the intensities. Conclusion: both intensity determination methods of aerobic training showed some significant difference, but they need to be adjusted in the equations. Thus, it is recommended the use of HRR in the determination of the intensities.

Keywords: oxygen consumption, heart rate, aerobic exercise.

RESUMEN

Comparación de métodos para la determinación de la intensidad del entrenamiento aeróbico para individuos jóvenes

Introducción: La determinación de la intensidad de los ejercicios aeróbicos tiene como referenciales el umbral anaeróbico y el punto de compensación respiratorio. Esos marcadores fisiológicos, en general, están situados aproximadamente a 50% y 80% del consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}), respectivamente. El presente estudio tuvo por objetivo comparar los porcentajes del 50%, 60%, 70% y 80%, calculados por las ecuaciones FCR y VO_2R con los porcentajes de correspondencia del VO_{2max} en individuos jóvenes activos. **Materiales y Métodos:** Fueron evaluados 11 hombres y 10 mujeres con $21,43 \pm 2,82$ años, masa corporal de $64,86 \pm 12,17$ kg y estatura de $170,05 \pm 9,12$ cm, que fueron sometidos a test de esfuerzo incremental en esteira rodante con analice directa de gases de circuito abierto hasta el agotamiento. **Resultados:** las intensidades estudiadas presentaron diferencia significativa ($p > 0,05$) para todos los porcentajes del VO_{2max} . Los valores calculados por la FCR subestimaron las intensidades, mientras las intensidades determinadas por el VO_2R tendieron a superestimar. **Conclusión:** Se concluye que los dos métodos para la determinación de las intensidades de entrenamiento aeróbico necesitan de ajustes en las ecuaciones, en razón de las diferencias observadas para los porcentajes del VO_{2max} .

Palabras clave: consumo de oxígeno, frecuencia cardíaca, test cardiorrespiratorio.

INTRODUÇÃO

Segundo as diretrizes do American College of Sports Medicine (ACSM)¹ de 1998, a determinação dos exercícios físicos deve estar fundamentada em parâmetros funcionais que permitam adequação das cargas de treinamento ao nível de aptidão física do indivíduo.

Geralmente as intensidades são determinadas por métodos indiretos^{2,3,4,5,6,7}. No final década de noventa, é incorporado às diretrizes do ACSM o método indireto, que recomenda a utilização da reserva do consumo de oxigênio (VO_2R)⁸. Estando essa, adequada para a determinação das intensidades dos exercícios aeróbicos para indivíduos sedentários e/ou grupos especiais. No entanto, estudos posteriores em indivíduos ativos⁹ e em cardiopatas¹¹, apresentam divergências. Swain et al.¹¹ citam que os percentuais do VO_2R apresentam melhor equivalência com os percentuais da frequência cardíaca de reserva (FCR), contrapondo-se aos estudos anteriores que descrevem a correlação entre os percentuais do VO_{2max} e os percentuais estimados pela FCR¹². O propósito do presente estudo é comparar a frequência cardíaca relativa aos percentuais de 50%, 60%, 70% e 80% do VO_{2max} com a frequência cardíaca correspondente, calculada pelos métodos indiretos do VO_2R e da FCR em indivíduos ativos saudáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa tem uma característica transversal de abordagem descritiva comparativa¹³, visando verificar a relação entre métodos indiretos na determinação da intensidade de exercício aeróbico, tendo como referência os $\%VO_{2max}$ obtidos em teste de esforço máximo incremental com análise direta de gases. Foram selecionados 21 voluntários acadêmicos do curso de Educação Física, 11 homens e 10 mulheres, saudáveis, engajados em programas semanais de exercícios físicos com intensidade de moderada a vigorosa. A

seleção foi feita por meio de questionário, onde se adotou como critério de inclusão os indivíduos que não relataram problemas de saúde. Os voluntários receberam as informações referentes aos riscos envolvidos na realização do teste de esforço máximo e foram convidados a assinar o termo de consentimento livre e esclarecido de participação, em conformidade com a Resolução n.º 196 de 1996 do Conselho Nacional de Saúde. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Castelo Branco.

Todos os voluntários foram submetidos ao eletrocardiograma de repouso (ECG), visando verificar possíveis distúrbios cardíacos. Para tanto, os indivíduos permaneceram deitados por 5min, sendo aferida a pressão arterial de repouso em seguida. Para tanto, utilizou-se o esfigmomanômetro Becton Dickinson®. O ECG foi realizado pelo eletrocardiograma MARQUETTE HELLIGE®, Medical Systems, modelo CardioSmart versão 3.0 CS-MI. Após o exame clínico, os voluntários foram liberados pelo médico. A determinação da massa corporal foi efetuada por meio da balança digital Toledo®, com acuidade de 50g. A mensuração da estatura foi feita pelo estadiômetro Country Technology modelo 67034 (INC, Gays Mills, WI) com escala em cm.

Para determinação do VO_{2max} , os voluntários foram submetidos a um teste de esforço incremental em uma esteira rolante modelo Super ATL da (Inbramed, Porto Alegre, RS), com velocidade inicial de 4 km/h para uma inclinação igual a 0% e velocidade final de 16 km/h para uma inclinação de 6%, sendo o intervalo entre os estágios de 1min. Para análise das trocas respiratórias utilizou-se o analisador VO_2 2000® (Aerosport Medgraphics – USA), com coletas e análise dos gases expirados realizadas no intervalo de tempo de 10s. O analisador de gases foi calibrado antes dos testes com um gás de composição conhecida (17% de O_2 e 5% de CO_2), com balanço de nitrogênio, seguindo as

especificações do fabricante. Para a monitorização da frequência cardíaca utilizou-se o eletrocardiograma da Micromed© em um canal CM5. Tanto a esteira rolante, quanto o analisador de gases e o eletrocardiograma estavam conectados e controlados pelo software ERGOPC Elite® versão 2.0 da Micromed©.

Para análise das possíveis diferenças entre os percentuais estudados, foram adotados os seguintes tratamentos estatísticos: a) teste de análise de variância One-Way ANOVA com o *post-hoc* de Tukey; c) correlação de Pearson; e d) análise dos escores residuais de Bland e Altman e do erro padrão de estimativa (EPE). Usou-se um nível de significância de $p < 0,05$, com os resultados apresentados pela medida de tendência central média e pela variabilidade dos dados (média \pm desvio padrão). Os tratamentos estatísticos foram realizados pelo pacote Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 14.0).

RESULTADOS

O grupo de voluntários apresentou Índice de Massa Corporal (IMC) normal para o sexo e idade. As respostas fisiológicas ao esforço foram compatíveis às cargas impostas durante o teste máximo, onde os voluntários obtiveram resultados excelentes para o $VO_{2\text{máx}}$ em relação ao sexo e faixa etária, não sendo observado pelo médico alterações fisiológicas (Tabela 1).

O comportamento para as variáveis de estudo estão apresentados na Tabela 2. Optou-se pela apresentação dos resultados de forma geral, em razão das equações estudadas não apresentarem fatores de correção para o sexo em seus cálculos. Para uma melhor visualização, os resultados serão representados pela frequência cardíaca relativa aos percentuais do $VO_{2\text{máx}}$ (FC_{VO_2}) e do VO_{2R} .

Tabela 1 - Características gerais da amostra (n=21)

	homens	mulheres
idade (anos)	22,45 \pm 2,07	20,30 \pm 3,20
estatura (cm)	176,72 \pm 5,61	162,71 \pm 6,03
massa corporal (kg)	73,58 \pm 10,07	55,27 \pm 4,62
IMC (kg/m ²)	23,33 \pm 1,96	20,74 \pm 1,19
FC repouso (bpm)	76 \pm 11,50	82,90 \pm 4,70
Ventilação máx (L)	170,73 \pm 23,00	104,15 \pm 13,85
$VO_{2\text{máx}}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	60,99 \pm 8,42	50,58 \pm 3,74
$FC_{\text{máx}}$ (bpm)	193,82 \pm 8,59	194,80 \pm 6,32

A análise para os percentuais do $VO_{2\text{máx}}$ estudados não apresentaram diferença estatística significativa $F(2, 60)=8,966$; $p=0,01$; para os calculados pela equação do VO_{2R} quando comparados. No entanto, os valores da frequência cardíaca relativa aos percentuais estimados pelos métodos FCR e VO_{2R} , quando comparados aos valores correspondentes FC_{VO_2} , apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$). Os percentuais calculados pela FCR subestimaram as intensidades, enquanto que os determinados pelo VO_{2R} passaram a superestimar os intervalos estudados. Os percentuais calculados pela FCR mantiveram-se dentro do mesmo intervalo de confiança para 95% dos valores de referência FC_{VO_2} , enquanto todos os intervalos calculados pelo VO_{2R} encontravam-se acima do intervalo de confiança (Tabela 2). Sendo o comportamento confirmado pelo erro constante

Tabela 2 - Características fisiológicas de repouso e de esforço da amostra (n=21)

	média \pm dp	EPE	intervalo de confiança 95%	
			limite inferior	limite superior
50% VO2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	28,03 \pm 2,17	-----		
50% VO2R (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)				
FC_VO2_50% (bpm)	143,0 \pm 10,1	2,2	138,4	147,5
FCR_50% (bpm)	136,6 \pm 5,3	1,2	134,2	139,0
VO2R_50% (bpm)	148,9 \pm 11,7	2,6	140,1	145,5
60% VO2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	33,62 \pm 5,03	-----		
60% VO2R (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)				
FC_VO2_60% (bpm)	155,4 \pm 10,0	2,2	150,9	160,0
FCR_60% (bpm)	148,1 \pm 5,4**	1,2	145,7	150,6
FC_VO2R_60% (bpm)	158,9 \pm 11,2**	2,4	153,8	164,0
70% VO2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	39,22 \pm 5,87	-----		
70% VO2R (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)				
FC_VO2_70% (bpm)	165,7 \pm 8,7	1,9	161,7	169,6
FCR_70% (bpm)	159,7 \pm 5,7**	1,2	157,1	162,3
FC_VO2R_70% (bpm)	168,6 \pm 9,3**	2,0	164,4	172,8
80% VO2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	44,83 \pm 6,70	-----		
80% VO2R (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)				
FC_VO2_80% (bpm)	176,5 \pm 8,0	1,8	172,9	180,2
FCR_80% (bpm)	171,2 \pm 6,2	1,3	168,4	174,0
FC_VO2R_80% (bpm)	178,5 \pm 9,1	2,0	174,3	182,6

VO_2 (ml.kg⁻¹.min⁻¹) = consumo de oxigênio relativo; FC_{VO_2} = frequência cardíaca relativa ao consumo de oxigênio à intensidade; FCR = frequência cardíaca de reserva relativa a intensidade; FC_{VO_2R} = frequência cardíaca relativa ao consumo de oxigênio de reserva à intensidade; dp = desvio padrão; EPE = erro padrão de estimativa; ** $p > 0,001$.

calculado pelos escores residuais onde, em média, os percentuais calculados pelo método da FCR apresentam uma diferença de 6 bpm e os calculados pelo VO_{2R} em -4 bpm.

O resultado do EPE da média, observado para os percentuais estudados, foi inferior a 10 bpm quando estimado pelo método do VO_{2R} (EPE=2 bpm) e, para os percentuais calculados pelo método FCR, foi de 1 bpm em média, demonstrando uma boa estimativa (Tabela 2). Tanto os percentuais do $VO_{2máx}$ quanto os percentuais do VO_{2R} apresentaram correlação significativa com os percentuais da FCR. No entanto, os resultados foram de moderado a forte, pois os resultados estatísticos oscilaram em torno de $r=0,56$ a $r=0,61$ para $p<0,05$.

DISCUSSÃO

O presente estudo comparou 2 métodos indiretos para determinação das intensidades do exercício aeróbico com o $\%VO_{2máx}$. Sendo fatores limitantes do estudo o número de voluntários, o nível de aptidão física e a faixa etária, reduzindo a possibilidade de extrapolação dos resultados para outros grupos.

A relação entre o consumo de oxigênio e o esforço realizado durante o exercício físico foi descrito minuciosamente por Hill, Lupton em 1923, possibilitando relacionar as cargas de trabalho ao esforço físico. Essa relação propiciou as bases para a determinação das intensidades dos exercícios aeróbicos como é hoje conhecida¹⁴. No entanto, um dos maiores problemas, no tocante à prescrição, consiste na determinação das cargas de treinamento, de maneira que a individualidade biológica seja preservada¹⁵ e o treinamento não sobrecarregue as capacidades fisiológicas do indivíduo. Essa preocupação torna-se latente nos dias atuais em decorrência dos aspectos epidemiológicos observados nas doenças crônico-degenerativas não-infecciosas^{16,17,18}. Os resultados obtidos no presente estudo demonstraram que a determinação das intensidades pelo método do VO_{2R} superestima as intensidades estudadas, contrapondo-se às recomendações de Swain & Leuholtz⁸ e Swain et al.¹¹, que indicam esse procedimento para indivíduos sedentários. Os resultados apresentados por Brawner et al.¹⁰ corroboram os resultados observados neste estudo, onde os autores descrevem que as intensidades determinadas pelo VO_{2R} superestimam as cargas de treinamento de indivíduos cardiopatas. Policarpo et al.⁹, quando compararam apenas os percentuais calculados pelos VO_{2R} com os percentuais do $VO_{2máx}$, observaram a mesma tendência em superestimar as intensidades. O estudo de Lunana et al.¹⁹, em ciclistas de elite, confirmou a relação entre os $\%FCR$ e os $\%VO_{2R}$, porém relatam que as intensidades inferiores a 85% do $VO_{2máx}$ apresentaram diferença significativa com tendência a superestimar as intensidades. Lunana et al.¹⁹ recomendam a utilização dos $\%VO_{2R}$ para a determinação das intensidades de treinamento dos atletas de ciclismo.

Observa-se que a FC relativa ao consumo de oxigênio estimado pelo VO_{2R} apresenta a tendência em superestimar, em média, 3,12% das intensidades quando analisados os escores residuais, enquanto que o escore residual para a frequência cardíaca relativa às intensidades calculadas pela FCR demonstrou uma tendência em subestimar em torno de 5,45% as intensidades. Os resultados observados no presente estudo corroboram os apresentados por Robergs & Roberts²⁰, demonstrando que valores estimados pela FCR tendem a subestimar os percentuais do $VO_{2máx}$ mesmo quando apresentam uma correlação significativa. Estudos anteriores apontam uma relação linear entre os percentuais¹², o que poderia ser

explicado pela utilização da equação 220-idade para a estimativa da $FC_{máx}$, o que proporcionaria aumento no cálculo da reserva conotrópica, pois a equação superestima a $FC_{máx}$ ^{5,21}.

Embora os resultados tenham demonstrado que os 2 métodos estudados apresentam diferenças para o método de referência, o EPE mostrou-se baixo, o que não seria um problema para indivíduos sedentários. Porém, não seria recomendada a utilização dos percentuais do VO_{2R} em grupos especiais antes de estudos complementares, sendo recomendada a FCR para estes grupos.

CONCLUSÕES

As intensidades estimadas de 50%, 60%, 70% e 80% pelos 2 métodos indiretos apresentaram tendência de superestimar VO_{2R} e de subestimar FCR e os percentuais do $VO_{2máx}$, sendo as diferenças observadas significativas para todas as intensidades estudadas. Recomendam-se estudos que procurem ajustar as equações e a utilização da FCR na prescrição das intensidades do treinamento aeróbico de indivíduos sedentários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American College of Sports Medicine (ACSM). Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 6a. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2003.
2. Forjaz CLM, Brum PC, Rondon MUPB, Tinucci T, Negrão CE. Exercício físico regular e seus benefícios para o coração. *Ámbito Medicina Desportiva*. 1998;4:30-8.
3. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of on heart rate a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*. 1957;35:307-15.
4. Yazbek PJ, Kedor HH, Trombeta IC, Carvalho MI, Oliveira LM, Battistella LR. Prescrição de Atividade Física. In: SOCEP: Cardiologia/Organização: Soc Cardiol Est São Paulo. Sousa AGMR, Mansur AJ, editores. São Paulo: Atheneu; 1996.
5. Policarpo FB, Oliveira HB, Roquetti Fernandes P, Fernandes Filho J. Frequência cardíaca máxima: estudo comparativo de equações de estimativa da frequência cardíaca máxima. *Fit Perf J*. 2004;3(1):108-14.
6. Herrera BJ. Areas funcionales de entrenamiento, formacion continuada. *Arch de Med del Despuerto*. 1998;63:61-3.
7. Caputo F, Greco CC, Denadai BS. Efeitos do estudo e especificidade do treinamento aeróbico na relação $\%VO_{2máx}$ versus $\%FCMáx$ durante o ciclismo. *Arq bras cardiol*. 2005;84(1):20-3.
8. Swain DP, Leuholtz BC. Heart rate reserve is equivalent to $\%VO_{2R}$ reserve, not to $\%VO_{2máx}$. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(3):410-4.
9. Policarpo FB, Biazotto JR, Bottaro M. Prescrição de exercícios físicos por meio da equação de frequência cardíaca de reserva. Buenos Aires: [atualizada em 2002 nov; acesso em 2007 dez 05]. [aproximadamente 9 telas]. efdportes.com. Disponível em <http://www.efdeportes.com/efd54/cardioc.htm>.
10. Brawner CA, Keteyian SJ, Ehrman JK. The relationship of heart rate reserve to VO_{2} reserve in patients with heart disease. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(3):418-22.
11. Swain DP, Leuholtz BC, Branch JD. Relationship between % heart rate reserve and $\%VO_{2R}$ reserve in treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(2):318-21.
12. Panton LB, Graves JE, Pollock ML, Garzarella L, Carroll JF, Leggett SH, et al. Relative Heart Rate, Heart rate reserve, and VO_{2} during submaximal exercise in the elderly. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1996;51(4):M165-M171.
13. Thomas JR, Nelson JK. Métodos de pesquisa em atividade física. Porto Alegre: Artmed; 2002.
14. Basset DR, Howley ET. Limiting factors maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2000;32(1):70-84.
15. Barbanti VJ, Tricoli V, Ugrinowitsch C. Relevância do conhecimento científico na prática do treinamento. *Rev paul educ fis*. 2004;18:101-9.
16. Brügger N. Respostas imunes agudas ao exercício aeróbico contínuo e cíclico. *Rev bras ativ fis saúde*. 1998;3(4):49-65.
17. Perri MG, Anton SD, Durning PE, Ketterson TU, Sydeman SJ, Berlant NE, et al. Adherence to exercise prescriptions: effects of prescribing moderate versus higher levels of intensity and frequency. *Health Psychol*. 2002;21(5):452-8.
18. Natale VM, Brenner IK, Moldoveanu AI, Vasilou P, Shek P, Shephard RJ. Effects of three different types of exercise on blood leukocyte count during and following exercise. *Rev paul med*. 2003;12(1):9-14.
19. Lunana J, Campion F, Noakes TD, Medelli J. Relationship between % HRmax, $\%VO_{2máx}$, and $\%VO_{2}$ reserve in elite cyclists. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(2):350-7.
20. Robergs RA, Roberts SO. Exercise physiology: exercise, performance, and clinical applications. New York: William C Brown Pub; 1997.
21. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37(1):153-6.