

COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS DE FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA ATRAVÉS DE EQUAÇÕES PREDITIVAS E TESTE MÁXIMO EM LABORATÓRIO

COMPARISON OF THE ANSWERS OF MAXIMAL HEART RATE ACROSS PREDICTION EQUATION AND ACROSS A MAXIMAL LABORATORY TEST.

Tarcísio Lacerda Vasconcelos ¹.

RESUMO

A frequência cardíaca é largamente utilizada como indicador de intensidade no exercício aeróbio, por possuir uma íntima relação de linearidade com o percentual do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx.}$), de maneira que 60 a 90% da $FC_{máx.}$ equivale a mais ou menos cerca de 40 a 80% do $VO_{2máx.}$ Mas, tal relação de linearidade foi proposta através de testes máximos conduzidos em laboratórios, e não através de equações preditivas, tomando-se por base a idade. O objetivo do presente estudo é comparar as respostas de frequência cardíaca apresentadas em testes máximos conduzidos em laboratório com aquelas obtidas através de equações preditivas em função da idade. Afim de fazer esta comparação, foram investigados 12 universitários, estudantes de educação física, com idades entre 18 e 26 anos (média $23,3 \pm 1,3$), fisicamente ativos. Foram programados dois protocolos, selecionados de acordo com o nível de condicionamento físico do avaliado, de forma que o avaliado atingisse a exaustão num tempo compreendido entre 8 e 12 minutos. O protocolo A foi composto por um aquecimento de dois minutos a 6 km/h, após esse tempo a velocidade foi incrementada a cada minuto em 0,5 km/h a partir de uma velocidade inicial de 8 km/h. O protocolo B foi iniciado da mesma forma, porém, cada estágio teve duração de 30 segundos com incremento de 0,5 km/h. Para comparar as respostas de FC obtidas em laboratório, foram adotadas duas equações, a saber: a) $220 - \text{idade}$, devido a sua popularidade; b) $205,8 - 0,685 \times \text{idade}$, por possuir o menor desvio padrão encontrado na literatura.

PALAVRAS-CHAVE: Frequência cardíaca, teste de laboratório, prescrição do exercício.

1- Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Fisiologia do Exercício da Universidade Gama Filho – UGF

ABSTRACT

The heart rate (HR) is widely used as intensity indicator of aerobic exercise, because possess a intimate relation of linearity with the percentage of maximal oxygen uptake ($VO_2 \text{ max}$), so that 60 to 90% of HR max is the same as more or less about 40 to 80% of $VO_2 \text{ max}$. But such relation of linearity was proposal by maximal laboratory test, and not by prediction equation, taking the age as base. The objective of present study is to compare the responses of the heart rate taken in maximal test conduced in laboratory with those taken by predictive equations in function of the age. Making this comparison twelve college student were investigated, physical education students in the age between 18 and 26 years old (medium 23.3 ± 1.3) physically active. There were programmed two protocols selected according to the physical condition of the valued, in such a way that the valued reaches would reach the exhausted in a time between 8 and 12 minutes. The protocol A was composite of a 2 minutes warming up by 6 km/h, after this the speed was increased each minute by 0.5 km/h starting with a initial speed of 8 km/h. The protocol B was initiated at the same way, but only in each stage of the process the speed was increased 0.5 km/h every 30 seconds. Comparing the answers of HR obtained in the laboratory, there were adopted two equations, namely: a) $220 - \text{age}$, due the his popularity; b) $205.8 - 0.685 \times \text{age}$, because possesses the minor standard deviation encountered in literature.

KEY WORDS: Heart rate, laboratory test, exercise prescription.

Endereço para correspondência:

Rua Antônio Aprígio, 682 – Centro -
Conselheiro Pena, MG - 35240.000 -
tlacerda@bol.com.br Tel: (33) 3261-1309

INTRODUÇÃO

Benefícios significativos à saúde podem ser obtidos mediante a inclusão de uma quantidade moderada de atividade física diária. Através de um aumento moderado na intensidade da atividade diária a maioria dos indivíduos poderão aprimorar sua saúde e qualidade de vida (Pollock e Wilmore, 1993; Wilmore e Costill, 2001). A atividade física promove diversos benefícios a saúde, dentre eles, podemos destacar os seguintes: redução no risco de doenças cardiorrespiratória, melhora na captação máxima de oxigênio, redução tanto da gordura total quanto da intra-abdominal, aumento na densidade capilar nos músculos esqueléticos, redução da pressão arterial em repouso, limiar do exercício mais alto para o acúmulo de lactato no sangue, reduz a necessidade de insulina, além de ser importante para a saúde dos ossos e das articulações (ACSM, 2003). Atividades como a caminhada, o jogging e a corrida são benéficas a resistência à fadiga, além de controlarem ou reduzir o peso corporal (Pollock e Wilmore, 1993; ACSM, 2003; Wilmore e Costill, 2001).

Todavia, existe uma intensidade relativa adequada de esforço para que ocorra uma melhora na aptidão aeróbia. A frequência cardíaca é largamente utilizada como indicador de intensidade no exercício aeróbio, por possuir uma íntima relação com o percentual do $VO_{2máx.}$, de maneira que 60 a 90% da $FC_{máx.}$ equivale a mais ou menos cerca de 40 a 80% do $VO_{2máx.}$ (Astrand et al, 1959; Wilmore e Costill, 2001; Powers e Howley, 2000).

A intensidade relativa do exercício aeróbio pode ser quantificada através de vários indicadores. Entre eles podemos citar a frequência cardíaca (FC), o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx.}$), o equivalente metabólico (MET) e a percepção subjetiva do esforço (Borg, 2000; ACSM, 2003). Todos possuem vantagens e desvantagens, que devem ser cuidadosamente analisadas para escolha do indicador a ser usado. Entre todos esses indicadores, talvez o mais prático seja a frequência cardíaca. Como já descrito, um dos aspectos que favorece a sua utilização é a relação de linearidade entre o seu comportamento e do $VO_{2máx.}$ em atividades aeróbias.

Contudo, tal relação de linearidade foi proposta através de testes máximos conduzidos em laboratórios, e não através de equações preditivas, tomando-se por base a idade. Como bem descrito na literatura, tais equações podem apresentar uma grande margem de erros (Robergs e Landwehr, 2002). Descrevendo uma situação prática Monteiro (1998) destaca que ao considerarmos uma curva de normalidade para distribuição da frequência cardíaca predita em função da idade, podemos assumir que um desvio padrão é igual a ± 10 bpm. Isto implica dizer que, se um indivíduo tem uma $FC_{máx.}$ predita de 200 bpm, sua frequência cardíaca real poderá situar-se entre 190 e 210 bpm. Entretanto, supondo que a $FC_{máx.}$ predita segue uma distribuição normal, 95% dos indivíduos teriam seus valores situados entre a média e ± 2 desvios padrão, obtendo desta forma uma variação de ± 20 bpm. Neste caso, o mesmo indivíduo poderia apresentar um valor de $FC_{máx.}$ entre 180 e 220 bpm. Esta faixa de variação pode exercer importantes influências na prescrição do exercício. Por isto, cuidados devem ser tomados quando usarmos valores previstos de $FC_{máx.}$ para quantificar a intensidade do esforço.

Desta forma, o objetivo do presente estudo é comparar as respostas de frequência cardíaca apresentadas em testes máximos conduzidos em laboratório com aquelas obtidas através de equações preditivas em função da idade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

Foram investigados 12 universitários (11 homens e 1 mulher), estudantes do curso de Graduação em Educação Física da Universidade Gama Filho, com idades entre 18 e 26 anos (média $23,3 \pm 1,3$), fisicamente ativos. Para serem incluídos como fisicamente ativos, os voluntários deveriam praticar atividades físicas ao menos três vezes por semana. Como critério de exclusão, foram adotados os seguintes aspectos: qualquer problema clínico ou locomotor que viesse a influenciar na realização dos testes, bem como interferir na obtenção das variáveis cardiorrespiratórias; aqueles que estivessem em uso de medicamentos com ação cardiovascular, atletas de alto rendimento,

bem como os voluntários que não conseguiram completar os critérios mínimos estabelecidos para teste máximo no protocolo investigado.

Para a realização do presente estudo foram utilizados os seguintes instrumentos: a) questionário PAR-Q (ACSM, 2003) e anamnese, usados para triagem de saúde pré-exercício e identificação dos critérios de inclusão e exclusão dos indivíduos na amostra; b) Escala de Borg CR10 (Borg, 2000), para auxiliar na quantificação do esforço percebido durante a realização do teste laboratorial; c) monitor de frequência cardíaca da marca Polar modelo Accurex Plus (Achten e Jeukendrup, 2003), para acompanhar a resposta de frequência cardíaca no teste proposto; d) termômetro e higrômetro marca Homeywell e barômetro marca Precision Anerod Barometer MK2 Type no M2236, para monitorar as condições ambientais do laboratório; e) balança e antropômetro marca Filizola e compasso de dobras cutâneas marca Harpenden, para acompanhar as características antropométricas na amostra; f) analisador metabólico de gases marca Medical Graphis modelo CPX/D, para monitorização das variáveis de trocas gasosas respiratórias e esteira rolante marca Quinton modelo K-65, para realização dos testes laboratoriais; g) software Primer for windows para o tratamento estatístico dos dados.

Previamente a realização dos testes, os indivíduos responderam ao questionário Par-Q (ACSM, 2003), sendo em seguida aplicada uma anamnese, confeccionada com objetivo de identificar os hábitos de atividades físicas dos voluntários. Após preenchimentos dos requisitos para inclusão no experimento, os selecionados assinaram um termo de consentimento pós-informado, conforme sugerido pela resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Mediante ao entendimento dos objetivos da investigação, suas condutas e riscos, os indivíduos foram encaminhados à coleta de dados.

Coleta de dados

Previamente à realização de cada teste, foram anotadas a temperatura, a umidade relativa do ar e a pressão barométrica. Para caracterizar a amostra foram realizadas medidas de peso, estatura,

densidade corporal e percentual de gordura (Jackson e Pollock, 1978; Jackson e colaboradores, 1980; Siri, 1961). Além disso, realizou-se um somatório de dobras, envolvendo os seguintes sítios de medida: tríceps, subescapular, suprailíaca, abdome, axilar média, coxa, perna medial, e no caso dos homens, tórax.

Teste máximo de laboratório

Anteriormente à realização do protocolo, os avaliados permaneceram deitados em decúbito dorsal por cinco minutos, quando foi aferida a frequência cardíaca de repouso. Em seguida, foi realizado um teste cardiopulmonar máximo, onde a frequência cardíaca foi arquivada a cada 5 segundos durante o mesmo. Foram programados dois protocolos, selecionados de acordo com o nível de condicionamento físico do avaliado. Para tanto, realizou-se uma anamnese voltada para identificação do nível habitual de atividades físicas, cujas respostas foram utilizadas para determinar o protocolo usado. Os protocolos foram delineados de forma que o avaliado atingisse a exaustão num tempo compreendido entre 8 e 12 minutos (Astrand e colaboradores, 1997). Tais limites temporais seriam os adequados para que o esforço não viesse a ser interrompido por fadiga muscular lática precoce ou por esgotamento das reservas de glicogênio (Bassett e Howley, 1997). O protocolo A foi composto por um aquecimento de dois minutos a 6 km/h. Após esse tempo a velocidade foi incrementada a cada minuto em 0,5 km/h a partir de uma velocidade inicial de 8 km/h. O protocolo B foi iniciado da mesma forma, porém, cada estágio teve duração de 30 segundos com incremento de 0,5 km/h.

Equações Preditivas

Para comparar as respostas de frequência cardíaca obtidas em laboratório e nas equações preditivas foram adotadas duas equações, a saber: a) $220 - \text{idade}$; b) $205,8 - 0,685 \times \text{idade}$ (Imbar e colaboradores, 1994). A opção por essas equações recaiu na grande popularidade da primeira (Ricard e colaboradores, 1990), apesar de não se ter uma referência original sobre a mesma, e valor de erro padrão de estimativa da segunda,

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpfe.com.br / www.rbpfe.com.br

apontado como um dos menores na literatura (Robergs e Landwehr, 2002).

Tratamento estatístico

Para comparar as diferenças nas respostas de $FC_{máx}$ em teste de laboratório e nas duas equações preditivas, foi aplicada uma ANOVA de uma entrada, acompanhada de verificação post-hoc de Tukey, adotando-se um nível de significância de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Para caracterizar a amostra, além das idades, foram realizadas algumas medidas antropométricas e quantificadas as estruturas da composição corporal. Os valores são apresentados através da média, desvio padrão, valores mínimos e máximos para as variáveis aferidas. Os resultados referentes as idades e medias antropométricas são ilustrados na tabela 1. Os dados da composição corporal (percentual de gordura e massa corporal magra) e consumo máximo de oxigênio, medido diretamente, são apresentados na tabela 2.

Em seguida, são apresentados os valores individuais e de estatística descritiva para a $FC_{máx}$ em laboratório, bem como preditas pelas equações (Tabela 3). A aplicação da Anova para medidas repetidas evidenciou diferença entre os procedimentos estudados. Após verificação post-hoc detectou-se diferença entre a $FC_{máx}$ obtida em laboratório e a estimada pela equação de Imbar et al. (1994).

Tabela 1 - Idades, peso, estatura e somatório de dobras apresentados na amostra.

Estatística	Idade (anos)	Peso (kg)	Estatura (cm)	ΣDC (mm)
Média	22,6	75,7	177,3	82,5
Desvio Padrão	2,2	13,9	8,7	31,2
Mínimo	18	56,9	164	41
Máximo	26	106,8	199	138,8

Tabela 2 – Estruturas da Composição Corporal e $VO_{2máx}$ verificados na amostra.

Estatística	Gordura (%)	MCM (kg)	$VO_{2máx}$ ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)
Média	11,9	66,4	50,9
Desvio Padrão	6,0	11,3	7,33
Mínimo	3,2	46,2	40,93
Máximo	21,1	87,8	63,22

Tabela 3 – Valores de $FC_{máx}$ (bpm) obtidos em laboratório e nas equações adotadas no presente estudo.

Indivíduo	Laboratório	220 – idade	205,8 – 0,685 x idade
01	198	198	190,7
02	203	197	190
03	205	195	188,7
04	200	196	189,3
05	194	199	191,4
06	214	197	190
07	202	196	189,3
08	195	196	189,3
09	201	202	193,4
10	203	194	188
11	194	200	192
12	201	198	190,7
Média	200,8	197,3	190,2 *
Desvio Padrão	5,54	2,23	1,51
Mínimo	194	194	188
Máximo	214	202	193,4

* significativo para $p < 0,05$ em relação ao laboratório

DISCUSSÃO

Um dos aspectos mais difíceis de serem quantificados no treinamento aeróbio é a intensidade ideal do esforço. Neste contexto, a frequência cardíaca aparece como uma variável simples, amplamente utilizada no acompanhamento das respostas ao treinamento. A frequência cardíaca espelha o aumento do débito cardíaco e reflete o funcionamento do sistema cardiovascular (ACSM, 2003; Gilman e colaboradores, 1996; Londeree e Moeschberger, 1982; Robergs e

Landwehr, 2002; Tanaka e colaboradores, 2001; Zavorsky e colaboradores, 2000). Além disto, ela é utilizada como indicador de intensidade no exercício aeróbio, por possuir uma relação de linearidade com o $VO_{2máx.}$, principalmente em esforços sustentados em condições de *steady-state* (Astrand e colaboradores, 1959; Bruce e colaboradores, 1974; Karvonen, 1957)).

Preconiza-se que os valores de $FC_{máx.}$ mais confiáveis são aqueles obtidos através de protocolos laboratoriais, conduzidos até a exaustão. Porém, o seu custo é alto e requer elevada demanda de tempo para sua aplicação. Além disso, exige treinamento por parte do avaliador que aplica o teste. Por isso, na prática, a $FC_{máx.}$ usada para controle do treinamento é determinada com base nos valores apresentados por equações preditivas. Na maior parte dos casos, tais equações utilizam a idade para se obter a frequência cardíaca máxima. Isso porque a frequência cardíaca tende a apresentar uma discreta diminuição, porém constante, de aproximadamente um batimento por ano (Engels e colaboradores, 1998; Fernhall e colaboradores, 2001).

Como o objetivo do presente estudo foi comparar os valores de FC exibidos em laboratório e em equações preditivas. Tal procedimento, denominado validade concorrente, é usualmente empregado quando os pesquisadores desejam substituir um critério, difícil de medir, por um teste mais facilmente administrado (Thomas e Nelson, 2002; Morrow e colaboradores, 2003). A comparação dos resultados de $FC_{máx.}$ obtidos em laboratório com duas equações apresentadas na literatura mostrou resultados distintos. No que diz respeito a equação 220 – idade, o teste estatístico não detectou diferenças entre os valores de $FC_{máx.}$ obtidos nos dois procedimentos. Isso sugere que, ao menos na amostra estudada, os valores da equação podem ser usados para determinar a $FC_{máx.}$ Já em relação a equação proposta por Imbar e colaboradores, (1994), os resultados do laboratório mostraram-se diferentes dos apresentados pela respectiva equação. Mesmo essa equação sendo apontada na literatura como uma das mais precisas (Robergs e Landwer, 2002), na amostra estudada, a mesma não foi tão precisa quanto a equação 220 -idade. Independentemente do resultado evidenciado pelo teste estatístico, ao

se considerar alguns valores de frequência cardíaca individualmente, verificou-se diferenças muito elevadas entre os diferentes formas de obtenção da $FC_{máx.}$ Isso sugere que, dependendo do indivíduo, nenhuma das equações podem apresentar consistência nos valores de $FC_{máx.}$ estimadas.

Todavia, é importante ressaltar que os resultados do presente estudo devem ser analisados com cautela, principalmente no que diz respeito a sua generalização. Isso porque o reduzido número de sujeitos estudados pode ter influenciado no poder do teste estatístico aplicado. Desta forma, os dados do presente estudo são preliminares, necessitando de futuros estudos, envolvendo amostras com um número maior de indivíduos para que os dados possam ser inferenciados com maior consistência.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em conclusão, foi verificada diferença entre a $FC_{máx.}$ obtida em teste máximo de laboratório e a prevista pela equação de Imbar et al (1994), o mesmo não ocorrendo em relação a equação 220 – idade. Isso sugere que, ao menos na amostra estudada, a equação 220 – idade apresenta maior consistência do que a equação de 205,8 – 0,685 x idade para prescrever a intensidade do esforço aeróbio. Contudo, devido ao reduzido número de sujeitos e a característica da faixa etária, recomenda-se que novos trabalhos sejam realizados com amostras maiores, envolvendo indivíduos com maior amplitude de faixa etária. Recomendamos também que sejam comparados os resultados dos testes de $FC_{máx.}$ em campo e laboratório, pois é possível que os valores apresentados nesses dois procedimentos possam diferir, o que vai influenciar na prescrição da intensidade do esforço no treinamento aeróbio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- ACSM. Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
- 2- Achten, J.; Jeukendrup, A.E. Heart rate monitoring: Application and limitations. Sports Med, v.33,p.517-538, 2003

Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício

ISSN 1981-9900 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpfe.com.br / www.rbpfe.com.br

- 3- Astrand, I.; Astrand, P-O.; Rodahl, K. Maximal heart rate during work in older men. *J Appl Physiol*, v.14, p.562-566, 1959.
- 4- Astrand, P-O.; Bergh, U.; Kilbom, A. A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students. *J Appl Physiol* v.82, p.1844-1852,1997.
- 5- Bassett, D.R.Jr.; Howley, E.T. Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints. *Med Sci Sports Exerc*, v.29, p.591-603, 1997.
- 6- Borg, G. Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido. 1ªed. São Paulo: Manole,2000.
- 7- Bruce, R.A.; Fisher, L.D.; Cooper, M.N.; Gey, G.O. Separation of effects of cardiovascular disease and age on ventricular function with maximal exercise. *Am J Cardiol*, v.34, p.757-763, 1974.
- 8- Engels, H.J.; Zhu, W.; Moffatt, R.J. An empirical evaluation of the prediction of maximal heart rate. *Res Quart Exerc Sport*, v.69, p. 94-98,1968.
- 9- Fernhall, B.; e colaboradores. A. Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Med Sci Sports Exerc*, v.33, p.1655-1660,2001.
- 10- Gilman, M.B. The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. *Sports Med*, v.2, p.73-79,1996.
- 11- Inbar, O.; Oren, A.; Scheinowitz, M.; Rotstein, A.; Dlin, R.; Casaburi, R. Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20- to 70-yr-old men. *Med Sci Sports Exerc*, v.26, p.538-546,1994.
- 12- Jackson, A.S.; Pollock, M.L. Generalized equations for predicting body density for men. *Br J Nutr*, v. 40, p. 497-504, 1978.
- 13- Jackson, A.S.; Pollock, M.L.; Ward, A. Generalized equations for predicting body density for women. *Med Sci Sports Exerc*, v. 12, p. 274-277, 1980.
- 14- Karvonen, M.J.; Kentala, E.; Mustala, O. The effects of training on heart rate: A longitudinal study. *Ann Med Exper Fenn*, v.35, p.307-315,1957.
- 15- Londeree, B.R.; Moeschberger, M.L. Effect of age and other factors on maximal heart rate. *Res Quart Exerc Sport*, v.53, p.297-304,1982.
- 16- Monteiro, W.D. Personal training. Manual para avaliação e prescrição do condicionamento físico. Rio de Janeiro: Sprint, 1998.
- 17- Morrow Jr., J.R.; Jachson, A.W.; Dish, J.G.; Mood, D.P. Medidas e avaliação do desempenho humano. 2ª Ed. Porto Alegre:Artmed, 2003.
- 18- Pollock, M.L.; Wilmore, J.H. Exercícios na saúde na doença. 2ª ed. Rio de Janeiro: Medsi,1993.
- 19- Powers, S.K.; Howley, E.T. Fisiologia do Exercício. 1ªed. São Paulo: Manole, 2000.
- 20- Ricard, R.M.; Leger, L.; Massicote, D. Validity of the "220-age formula" to predict maximal heart rate. *Med Sci Sports Exerc*, v.22, Suplemento S96 (Abstract 575),1990.
- 21- Robergs, R.A.; Landwehr, R. The surprising history of the "HRmax=220-age" equation. *JEPonline*, v.5, p.1-10,2002.
- 22- Siri, W.E. Body composition from fluid spaces and density. In: Brozek J (ed). *Techniques for Measuring Body Composition*. Washington: National Academy of Science, p. 223-244, 1961.
- 23- Tanaka, H.; Monahan, K.D.; Seals D.R. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J. Am. Coll. Cardiol*, v.37, p.153-156,2001.
- 24- Thomas, J.R.; Nelson, J.K. Métodos de pesquisa em atividade física. 3ªed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- 25- Wilmore, J.H.; Costill, D.L. Fisiologia do esporte e do exercício. 2ªed. São Paulo: Manole, 2001.
- 26- Zavorsky, G.S. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med*, v.29, p.13-26, 2000.