

PODE O CONSUMO MÁXIMO DE OXIGÊNIO E A FREQUÊNCIA CARDÍACA MÁXIMA MEDIDOS EM TESTE LABORATORIAL SEREM PREDITOS POR EQUAÇÕES EM CORREDORES AMADORES?

Franciel José Arantes¹
 Públio Freitas Vieira¹
 Diego Licnerski Borges¹
 Adriano Alves Pereira¹

RESUMO

O consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e a frequência cardíaca máxima (FC_{max}) são utilizados constantemente para descrever a aptidão do sistema cardiovascular bem como estimar a tolerância de carga do exercício. No entanto não há um consenso na literatura com respeito à fórmula fidedigna para determiná-los. O objetivo do estudo foi verificar se o VO_{2max} e a FC_{max} podem ser preditos por fórmulas em jovens corredores. Treze homens (25.62 ± 8.87 anos) realizaram um teste incremental até a exaustão com análises do VO_{2max} e da FC_{max} . Essas variáveis foram comparadas entre fórmulas de predição do VO_{2max} (A = $15 \times (FC_{max} / \text{frequência cardíaca de repouso})$; B = $3.542 + (-0.014 \times \text{idade}) + (0.015 \times \text{massa corporal}) + (-0.011 \times \text{frequência cardíaca de repouso})$; C = $(0.2 \times V_{pico-P}) + (0.9 \times V_{pico-P} \times \text{inclinação}) + 3.5$; D = $(0.2 \times V_{pico-60}) + (0.9 \times V_{pico-60} \times \text{inclinação}) + 3.5$) e da FC_{max} (1 = $220 - \text{idade}$; 2 = $207 - 0.7 \times \text{idade}$; 3 = $201 - 0.6 \times \text{idade}$; 4 = $205 - 0.685 \times \text{idade}$; 5 = $210 - 0.65 \times \text{idade}$). ANOVA foi empregada adotando nível de significância de 5%. Os resultados demonstraram para as fórmulas A e B do VO_{2max} não difere do real encontrado ($p > 0.05$) e para a fórmula 3, diferente da FC_{max} real ($p < 0.05$). Assim, foi possível concluir que as fórmulas A e B e 1, 2, 4 e 5 podem ser utilizadas para prever o VO_{2max} e a FC_{max} em jovens corredores.

Palavras-chave: Aptidão Aeróbia. Predição. Intensidade.

1-Universidade Federal de Uberlândia-UFU, Minas Gerais, Brasil.

ABSTRACT

Can the maximal oxygen uptake and maximum heart rate measured in laboratory test be predicted by equations in amateur runners?

The maximum oxygen consumption (VO_{2max}) and maximum heart rate (HRmax) are used constantly to describe the ability of the cardiovascular system and to estimate the load exercise tolerance. However there is no consensus in the literature regarding the reliable formula to determine them. The aim of the study was to determine whether the VO_{2max} and HRmax can be predicted by formulas in young runners. Thirteen men (25.62 ± 8.87 years) performed an incremental test to exhaustion with analysis of VO_{2max} and HRmax. These variables were compared between prediction formulas of VO_{2max} (A = $15 \times (HRmax / \text{resting heart rate})$; B = $3.542 + (-0.014 \times \text{age}) + (0.015 \times \text{body weight}) + (-0.011 \times \text{resting heart rate})$; C = $(0.2 \times V_{peak-P}) + (0.9 \times V_{peak-P} \times \text{slope}) + 3.5$; D = $(0.2 \times V_{peak-60}) + (0.9 \times V_{peak-60} \times \text{slope}) + 3.5$) and HRmax (1 = $220 - \text{age}$; 2 = $207 - 0.7 \times \text{age}$; 3 = $201 - 0.6 \times \text{age}$; 4 = $205 - 0.685 \times \text{age}$; 5 = $210 - 0.65 \times \text{age}$). ANOVA was used adopting a significance level of 5%. The results showed for formulas A and B VO_{2max} not differs from the actual found ($p > 0.05$) and the formula 3, differently from the actual HRmax ($p < 0.05$). Thus, it was concluded that the formulas A and B and 1, 2, 4 and 5 can be used to predict VO_{2max} and HRmax in young runners.

Key words: Aerobic Fitness. Prediction. Intensity.

E-mails dos autores:
 francielarantes@gmail.com
 publico.educa@gmail.com
 licnerski2@hotmail.com
 a.alves.pereira@uol.com.br

INTRODUÇÃO

Dentro do planejamento e prescrição do treinamento desportivo, seja com atenções voltadas a melhora do rendimento desportivo ou parâmetros relativos a condições de saúde, os índices de frequência, volume e intensidade são partes cruciais para o sucesso da sessão e do período do treinamento (Garber e colaboradores, 2011).

Tendo isso em vista, profissionais de Educação Física, treinadores e atletas devem sempre preocupar com esses parâmetros em sua planificação do treinamento. Porém, análises laboratorial, para o controle do treinamento, nem sempre são fáceis ou acessíveis de serem realizados com grande frequência.

Desta forma, alternativas que permitam avaliações do controle da intensidade, volume e frequência com menor gasto financeiro e de tempo têm sido propostas ao longo dos anos.

Assim, alguns autores propuseram criar algumas fórmulas para prever variáveis fisiológicas que possam ser utilizadas para controlar principalmente a intensidade do treinamento (Inbar e colaboradores, 1994; Jones, 1997; Tanaka e colaboradores, 2001; ACMS, 2003; Uth e colaboradores, 2004; Glas e colaboradores, 2007; Rexhepi e Brestovci, 2014).

Esses procedimentos poderiam servir para avaliações em grandes grupos de indivíduos com o mínimo de recurso financeiro possível.

Dentro dessas variáveis fisiológicas, o consumo de oxigênio e a frequência cardíaca são os parâmetros mais investigados, principalmente pela relevância que ambas exercem no treinamento e na capacidade de prever a efetividade do treinamento.

Ao que concerne, o consumo máximo de oxigênio (VO_2 max) é a variável fisiológica que melhor descreve a capacidade funcional e aptidão do sistema cardiovascular e respiratório (Foss e Keteyian, 2000; Brandon, 2012).

Por definição, o VO_{2max} é a maior quantidade de oxigênio que pode ser captado, transportado e utilizado pelas células durante o exercício intenso (Bassett e Howley, 2000; Hawkins e colaboradores, 2007).

Assim, sabe-se que juntamente com a economia de corrida e o limiar de lactato, o

VO_2 max é um dos fatores contribuintes para o sucesso no desempenho em corridas de média e longa distância (Lorenz e colaboradores, 2013; Shaw e colaboradores, 2015).

Ademais, como a margem de sucesso é pequena, em corrida de longa distância, progressos sutis em qualquer um desses parâmetros pode resultar em ganhos substanciais de desempenho (Shaw e colaboradores, 2015).

Por vez, a frequência cardíaca pode ser utilizada para estimar a tolerância de carga do exercício, o gasto de energia e ajustar a intensidade do treinamento, direcionando para garantir eficácia e segurança da atividade (Boudet e colaboradores, 2002).

Com isso, é imprescindível que ambas variáveis sejam investigadas e avaliadas sempre que possível, tanto para controle de carga como de efetividade do treinamento.

Contudo, tanto o VO_2 max como a FC_{max} quando preditos por fórmulas, são aplicados a populações diversas e generalizadas à maioria da população. Todavia, não se conhece a adequação de tais predições a um grupo de atletas treinados em atividades aeróbias.

Com intuito de responder esse questionamento, Branco e colaboradores, (2004) analisando 14 corredores de fundo, em discussão única relativo à frequência cardíaca máxima predita, encontraram que as predições propostas por Calvert e colaboradores, (1977) podem representar a real encontrada em teste máximo em esteira.

Alguns resultados imprecisos e alguns que conseguem prever o consumo de oxigênio máximo em atletas de futsal e futebol de campo já foram descritos (Mahseredjian e colaboradores, 1999; De Limai e colaboradores, 2005). Levantando questionamentos se atletas de outras modalidades poderiam ser contemplados com essa visão de predição.

Assim, o objetivo do presente estudo foi verificar se valores de frequência cardíaca máxima e do consumo máximo de oxigênio podem ser preditos por fórmulas em jovens corredores realizando teste incremental até a exaustão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Uberlândia com o número 974.358/2015 e respeitou todas as normas do Conselho Nacional de Saúde (466/12) a cerca de pesquisas envolvendo seres humanos.

Inicialmente, os voluntários foram esclarecidos verbalmente e textualmente em relação aos objetivos e condições (riscos e benefícios) do estudo.

Todos foram informados que poderiam abdicar da participação do estudo a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação e sem necessidade de justificar-se ao pesquisador responsável.

Amostra

Amostra foi composta por treze indivíduos com idade 25.62 ± 8.87 anos, estatura 173 ± 7.95 cm, massa corporal 65.95 ± 14.78 kg e percentual de gordura 7.84 ± 0.06 , do sexo masculino habituados a treinos e eventos de corrida de rua com tempo médio nos 5 quilômetros de 18m: 49s \pm 01m: 32s e tempo médio nos 10 quilômetros de 41m: 03s \pm 03m:50s, com experiência acima de 6 ± 4.2 anos, recrutados de forma intencional não-probabilística por conveniência.

Como critérios de inclusão para o estudo, os indivíduos deveriam ter experiência mínima em corrida amadora de dois anos, incluindo treinos e competições locais ou regionais, não realizar suplementação de creatina, não utilizar qualquer substância anabólica ou outra que altere o rendimento e possuir frequência de treinos igual ou superior a três vezes por semana.

Além do supracitado, foram selecionados indivíduos considerados saudáveis após exame clínico (PAR-Q), não fumante e que não faziam uso regular de qualquer tipo de medicamento.

Delineamento do Estudo

Todos voluntários compareceram ao Laboratório de Fisiologia do Desempenho da Faculdade de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia para determinação das características gerais e

antropométricas, além de realizarem teste incremental até a exaustão em esteira.

Durante o teste foi possível quantificar o consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx), a frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) e as concentrações de lactato pico ($[La^-]_{pico}$), além de obter valores da velocidade pico.

Avaliações antropométricas

Antecedendo ao período de análises, a massa corporal em quilogramas (kg) e a estatura em metros (m), além das análises de percentual de gordura corporal (%GC) foram medidas para caracterização da amostra.

A massa corporal foi avaliada utilizando uma balança Micheletti (modelo MIC 200) com resolução 0,05 kg. A estatura foi avaliada utilizando um estadiômetro de parede Standard Sanny com resolução em milímetros.

Utilizando um plicômetro científico digital (Cescorf, Porto Alegre, Brasil) com sensibilidade de 0,1 mm, amplitude de leitura 85 mm e pressão de 10g/mm², avaliações das dobras cutâneas (coxa, supra-iliaca, supra-espinhal, tríceps, abdômen, axilar média, peitoral) foram tomadas todas seguindo recomendações de (Jackson e Pollock, 1978). Utilizando equações conhecidas, o %GC foi calculado (Siri, 1961).

Teste Incremental

O protocolo foi realizado em uma esteira ergométrica motorizada (Movement modelo E-740 – Brasil), com cargas progressivas (velocidade) até a exaustão.

Os voluntários foram indicados a não praticar nenhuma atividade física vigorosa nas últimas 24 horas antecedentes ao teste além de se abster de bebidas energéticas bem como cafeína nas últimas 12 horas.

Ao chegarem ao laboratório, os indivíduos ficaram em repouso em ambiente climatizado e tranquilo durante dez minutos para obtenção dos valores basais de frequência cardíaca. Ao final desse tempo o menor valor de frequência cardíaca foi registrado como de repouso.

Após um período de três minutos de aquecimento a 6 km.h^{-1} , o protocolo incremental teve início com velocidade inicial da esteira a 9 km.h^{-1} com incremento de 1 km.h^{-1} a cada dois minutos com 30 segundos

de intervalo passivo entre os incrementos (Midgley e colaboradores, 2007).

A inclinação foi fixa a 1% condição que simula o gasto energético da corrida em terreno externo. Incentivos verbais foram dados a todo o momento do teste. As condições da sala foram controladas em todo momento da avaliação (temperatura (22-24 °C) e umidade (50-60%)), utilizando um termômetro/higrômetro digital (Termo Higrômetro Digital, Modelo Kt 908).

Determinação do consumo máximo de oxigênio (VO₂ max)

Durante todo período do teste incremental, variável de consumo de oxigênio (VO₂) foi mensurada respiração a respiração, a partir do gás expirado (Quark PFTergo, Cosmed, Srl, Rome, Italy).

Antecedendo cada avaliação o sistema de análise foi calibrado, usando ar ambiente e um gás com concentrações conhecidas de 16 % de O₂ e 5 % de CO₂ de acordo com as instruções do fabricante.

A turbina do analisador, utilizado para a determinação da ventilação, foi calibrada por uma seringa de 3 litros (Cosmed Srl, Rome, Italy) antecedendo cada teste. Esse equipamento é bem aceito na literatura com seus procedimentos e análises validada em outros estudos (Utter e colaboradores, 2011; Nieman e colaboradores, 2013).

Os valores de consumo de oxigênio obtidos foram reduzidos a média de 15 e 30 segundos, sendo o maior valor registrado considerado como o máximo (Millet e colaboradores, 2003).

Determinação da frequência cardíaca máxima (FC_{máx})

A frequência cardíaca (FC) foi monitorada utilizando um frequencímetro COSMED (modelo QUARK PFT ERGO, Itália) cujo maior valor foi considerado como a frequência cardíaca máxima (FC_{máx}).

Determinação da Velocidade Pico (V_{pico-P} e V_{pico-60s})

A velocidade pico do teste incremental foi calculada com base em duas propostas. A primeira, referente ao último estágio completo de acordo com a equação: V_{pico-P} =

V_{completo} + t/T * incremento da velocidade, em que, V_{completo} é a velocidade (km) completo no último estágio; t é o tempo (segundos) sustentado durante o estágio incompleto; T é o tempo total (segundos) estabelecido para o estágio completo (120 segundos) e incremento da velocidade é a velocidade incrementada a cada estágio (1 km) (Kuipers e colaboradores, 2003).

A segunda pela maior velocidade de manutenção por um minuto completo (V_{pico-60s}).

Os valores encontrados foram transformados em metros por minuto para cálculos do consumo de oxigênio predito pelas fórmulas investigadas.

Determinação do consumo máximo de oxigênio predito por equações

Para predizer o consumo máximo de oxigênio (VO_{2máx}) foram utilizadas três fórmulas disponíveis na literatura:

(A) VO_{2máx} = 15 x (frequência cardíaca máxima / frequência cardíaca de repouso) (Uth e colaboradores, 2004).

(B) VO_{2máx} = 3.542 + (-0.014 x idade) + (0.015 x massa corporal) + (-0.011 x frequência cardíaca de repouso) (Rexhepi e Brestovci, 2014).

(C) VO_{2máx} = (0.2 x velocidade*) + (0.9 x velocidade* x inclinação) + 3.5

* definido pela V_{pico-P} (Glass e colaboradores, 2007).

(D) VO_{2máx} = (0.2 x velocidade[#]) + (0.9 x velocidade[#] x inclinação) + 3.5

[#] definido pela V_{pico-60s} (Glass e colaboradores, 2007).

As fórmulas C e D foram retiradas do mesmo autor, valendo a ressalva para a velocidade utilizada no cálculo.

Determinação da frequência cardíaca máxima por equações

Cinco fórmulas disponíveis na literatura foram utilizadas para predizer a frequência cardíaca máxima pela idade:

(1) FC_{máx} = 220 – idade

(2) FC_{máx} = 207 – 0.7 x idade (Tanaka e colaboradores, 2001)

(3) FC_{máx} = 201 – 0.6 x idade (Calvert e colaboradores, 1977)

(4) FC_{máx} = 205 – 0.685 x idade (Inbar e colaboradores, 1994)

(5) $FC_{\text{máx}} = 210 - 0.65 \times \text{idade}$ (Jones, 1997)

Análise das concentrações de lactato $[La^-]$

Utilizando-se luvas cirúrgicas, após assepsia local com álcool etílico 70%, foi realizada a punção na polpa do dedo com a utilização de uma caneta lancetadora automática (G. Tech) de penetração de alta velocidade com retração ativa com agulhas descartáveis (G. Tech).

Após a punção, a primeira gota de sangue foi descartada evitando contaminação (álcool e/ou suor), a partir desse momento gotas de sangue foram extraídas e utilizadas para preencher toda região necessária da tira reagente (Roche).

Para aferir a $[La^-]$ foi utilizado um lactímetro portátil (Accutrend® Pluss). Essas coletas ocorreram em dois momentos do teste incremental (antes e após cinco minutos).

Análise Estatística

Após verificar a normalidade dos dados pelo teste de *Shapiro Wilk*, os dados de $VO_{2\text{máx}}$ e $FC_{\text{máx}}$ foram comparados pelo teste de ANOVA de medidas repetidas com *post hoc HSD de Tukey*.

Para correlação, foi empregado o teste de *Pearson*. O nível de significância adotado foi de 5%. Todos dados foram tratados via *software GraphPad Prism versão 6.0*.

RESULTADOS

Na tabela 1 estão expressos os valores obtidos do teste incremental.

Na tabela 2 os valores de $VO_{2\text{máx}}$ predito por fórmulas estão expressos. Notam-se valores altos para as fórmulas C e D.

Tabela 1 - Descrição dos valores de obtidos do teste incremental, em média e desvio padrão (DP), amplitude e coeficiente de variação (CV): Velocidade pico ($V_{\text{pico-P}}$ e $V_{\text{pico-60s}}$), Consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx } 15s}$ e $VO_{2\text{máx } 30s}$), frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) e concentrações de lactato pico $[La^-]_{\text{pico}}$.

Variáveis	Média ± DP	Amplitude	CV (%)
$V_{\text{pico-P}}$ (km.h ⁻¹)	17,98 ± 0,88	16.58 – 19.61	5
$V_{\text{pico-60s}}$ (km.h ⁻¹)	18,08 ± 0,86	17 – 20	5
$VO_{2\text{máx } 15s}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	56,91 ± 5,02	51.18 – 67.18	9
$VO_{2\text{máx } 30s}$ (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	55,68 ± 4,35	50.75 – 67.15	8
$FC_{\text{máx}}$ (bpm)	195,54 ± 8,87	182 – 214	5
$[La^-]_{\text{pico}}$ (mmol.L ⁻¹)	11,68 ± 2,51	7.8 – 15.9	22

Tabela 2 - Descrição dos valores obtidos por meio de fórmulas de predição para o consumo máximo de oxigênio, em média e desvio padrão (DP), amplitude e coeficiente de variação (CV):

$VO_{2\text{máx}}$ predito	Média ± DP	Amplitude	CV (%)
A	50,06 ± 6,08	38,84 – 62,05	12
B	53,9 ± 5,06	46,07 – 62,85	9
C	66,26 ± 3,25	61,25 – 71,8	5
D	66,47 ± 3	62,72 – 73,17	5

Legenda: A = 15 x (frequência cardíaca máxima / frequência cardíaca de repouso); B = 3.542 + (-0.014 x idade) + (0.015 x massa corporal) + (-0.011 x frequência cardíaca de repouso); C = (0.2 x velocidade*) + (0.9 x velocidade* x inclinação) + 3.5; D = 0.2 x velocidade#) + (0.9 x velocidade# x inclinação) ($V_{\text{pico-P}}$ e $V_{\text{pico-60s}}$).

Ao correlacionar os valores obtidos pelo teste incremental ($VO_{2\text{máx } 15s}$) pelas predições foram encontradas para a fórmulas A (r = 0.05), B (r = 0.39), C (r = 0.01) e D (r = 0.51), notou-se correlação moderada apenas

para fórmulas D com correlação fraca para as outras fórmulas.

Nesse mesmo sentido, ao correlacionar os valores obtidos pelo teste incremental ($VO_{2\text{máx } 30s}$) pelas predições foram encontradas para a fórmulas A (r = 0.06), B (r

= 0.34), C ($r = 0.04$) e D ($r = 0.59$). Da mesma forma que a anterior foi encontrada correlação

moderada apenas para fórmulas D com correlação fraca para as outras fórmulas.

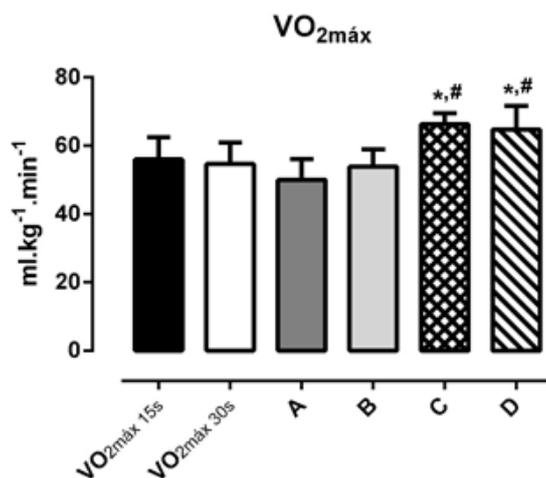


Figura 1 - Consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) obtido do teste incremental (VO_{2max} 15 s e VO_{2max} 30 s) e por fórmulas preditas (A, B, C e D); * diferença significativa do VO_{2max} 15 s ($p < 0.01$); # diferença significativa do VO_{2max} 30 s ($p < 0.001$)

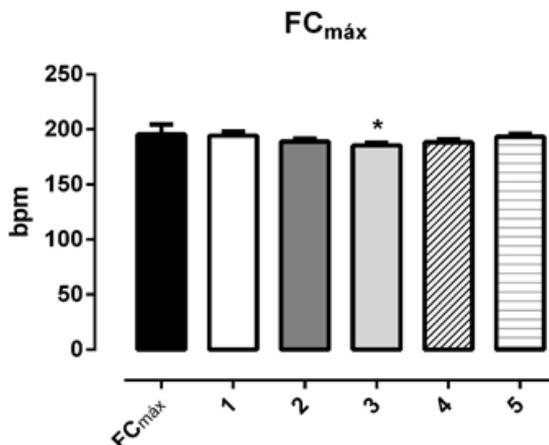


Figura 2 - Frequência cardíaca máxima obtido do teste incremental (FC_{max}) e por fórmulas preditas (1, 2, 3, 4 e 5); * diferença significativa da FC_{max} ($p < 0.05$).

Tabela 3 - Descrição dos valores obtidos por meio de fórmulas de predição para a frequência cardíaca máxima, em média e desvio padrão (DP), amplitude e coeficiente de variação (CV):

FC_{max} predito	Média \pm DP	Amplitude	CV (%)
1	194,38 \pm 3,93	190 – 201	2
2	189,07 \pm 2,75	186 – 193,7	1
3	185,63 \pm 2,36	183 – 189,6	1
4	188,25 \pm 2,69	185,25 – 192,79	1
5	193,35 \pm 2,55	190,5 – 197,65	1

Legenda: 1 = 220 - idade; 2 = 207 - 0.7 x idade; 3 = 201 - 0.6 x idade; 4 = 205 - 0.685 x idade; 5 = 210 - 0.65 x idade.

Na tabela 3 estão expressos os valores de frequência cardíaca máxima preditos por fórmulas encontradas na literatura. Maiores valores foram encontrados nas fórmulas 1 e 5.

Referentes à correlação entre a frequência cardíaca máxima encontrada no teste incremental e pelas fórmulas preditas 1, 2, 3, 4 e 5 foram encontradas correlações fracas ($r = 0.13$) com o mesmo valor para todas as fórmulas.

DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo foi que a utilização de fórmulas para prever o consumo máximo de oxigênio e da frequência cardíaca máxima respondem de forma distintas entre si.

As fórmulas para prever o $VO_{2máx}$ de Uth e colaboradores, (2004) e Rexhepi e Brestovci (2014) foram as que mais se aproximaram da real encontrado após duas reduções diferentes, sendo que a de Rexhepi e Brestovci (2014) apresentou os valores mais próximos da real.

Relativo à frequência cardíaca máxima, a fórmula de Calvert e colaboradores, (1977) foi a única com valores diferentes significativos da real encontrada. As duas fórmulas que melhor representaram o valor real encontrado foram a '220 - idade' e a de Jones (1997).

Sabe-se que o consumo de oxigênio é um ótimo indicador de performance, porém a avaliação do seu valor máximo demanda equipamentos, pessoas experientes e tempo disponível para conduzir a avaliação.

Dessa forma, utilizar fórmulas que consigam prever esses valores tem se tornado atrativo principalmente pela economia financeira e de tempo, além da possibilidade de avaliar um grande grupo de pessoas com o mínimo de gasto possível.

Tendo em vista essas afirmações, somados a relatos condizentes a condições/dependência de algumas variáveis que podem interferir no consumo máximo de oxigênio, como a idade (De Souza e colaboradores, 2016), massa corporal e treinamento (Foss e Keteyian, 2000) a fórmula que melhor representou o valor real encontrado foi a que utilizou esses parâmetros em seus cálculos.

De fato, consistentes achados na literatura encontram declínio do consumo máximo de oxigênio com o aumento da idade (Hawkins e Wiswell, 2003).

Dentre as explicações, estão às reduções das capacidades funcionais fisiológicas que contribuem para perda da independência com redução da qualidade de vida associados a baixo nível de exercício físico ocasionando redução da capacidade cardiorrespiratória, inclusive em atletas (Katzel e colaboradores, 2001).

Assim, parece viável que a variável idade seja levada em consideração ao avaliar o consumo de oxigênio via predições.

Somados as informações supracitadas e aos informes de que o $VO_{2máx}$ é o produto do débito cardíaco máximo pela diferença máxima de oxigênio arterial-venoso. À vista disso, quaisquer desses componentes alterados pode intervir na quantificação do $VO_{2máx}$ (Midgley e colaboradores, 2006).

Ademais, temos que o débito cardíaco é a frequência cardíaca multiplicada pelo volume sistólico, logo, é notável que a frequência cardíaca deva ser incluída nas fórmulas vista que os valores finais do consumo de oxigênio possam ser interferidos por ela.

Dentre as fórmulas propostas, as únicas que não levam em consideração a frequência cardíaca foram as que apresentaram os maiores valores de $VO_{2máx}$ (Glass e colaboradores, 2007).

Essa superestimação pode acarretar em modificações nas doses: respostas do treinamento, acarretando em resultados desfavoráveis ou não pretendidos pelo treinador e/ou atleta, principalmente quando o treinamento é baseado no consumo de oxigênio.

Questões importantes referentes aos resultados obtidos da $FC_{máx}$ predita devem ser analisadas com cautela. Os achados do presente estudo informam que a única fórmula que subestimou os resultados já houvera, em outra ocasião, apresentado valores próximos do real avaliadas em corredores de longa distância (Branco e colaboradores, 2004). Por certo, nossos resultados não estão de acordo com esse informe.

Dentre as principais observações que devem ser levantadas estão o tipo do teste incremental realizado entre os dois estudos para avaliação da $FC_{máx}$, visto que protocolos

diferentes respondem de forma desiguais (Midgley e colaboradores, 2007).

Ademais, para esse estudo, com esse método de avaliação da velocidade pico, a frequência cardíaca máxima proposta pelas fórmulas '220 – idade' e de Jones (1997) foram as mais representativas da real. Apesar de fortes críticas com a fórmula '220 – idade', principalmente pela sua inconsistência em sua histórica investigação inicial e por seu erro próximo de $\pm 10-12$ batimentos por minuto (Robergs e Landwehr, 2002; ACMS, 2003) essa foi a que melhor representou o valor máximo encontrado.

A melhor capacidade de predição da fórmula '220 – idade' em jovens ativos, já tinham sido relatados na literatura (Vasconcelos, 2011). Assim, com as características da amostra do presente estudo, essa fórmula permanece usual em seus resultados para praticantes de corrida amadora.

Apesar dessa aproximação entre as fórmulas tanto de $VO_{2máx}$ e $FC_{máx}$ é necessária cautela para uma real interpretação e utilização. Em nenhuma das fórmulas, foi possível identificar valor igual ao do real encontrado para as variáveis investigadas, tanto individualmente como na média das variáveis.

Outro ponto que merece prudência apresentado em nossos resultados e a baixa correlação entre as fórmulas preditas é a real encontrada. Com isso, não encontramos uma relação forte entre o real encontrado e as predições propostas.

Apesar das peculiaridades envolvendo as predições tanto de $VO_{2máx}$ como da $FC_{máx}$ envolvendo o estudo, em nosso conhecimento esse é o primeiro estudo a investigar as duas variáveis em conjunto com predições com diferentes formas de reduções do $VO_{2máx}$.

Como estudos recentes têm utilizado analisadores com melhor precisão e com avaliações respiração por respiração com diferentes formas de reduções dos valores, nossos achados contemplam essas novas observações e utilizações, sancionando uma de nossas dúvidas relativas às reduções e predições.

CONCLUSÃO

Levando em consideração nossos achados, somados as cautelas expostas no

texto, o presente estudo conclui que dentre as predições do consumo máximo de oxigênio a que melhor representou os valores reais após duas reduções dos valores (15 e 30 segundos) foi à proposta por Rexhepi e Brestovci (2014) e as que melhor representaram a frequência cardíaca máxima real foram a '220 – idade' e a proposta por Jones (1997).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais-FAPEMIG, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pelo apoio financeiro a este projeto

REFERÊNCIAS

- 1-ACMS. Manual de pesquisa: das diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. Guanabara Koogan. 2003.
- 2-Bassett, D. R.; Howley, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 32. Núm. 1. p.70-84. 2000.
- 3-Boudet, G.; e colaboradores. Median maximal heart rate for heart rate calibration in different conditions: laboratory, field and competition. *Int J Sports Med.* Vol. 23. Núm. 4. p.290-297. 2002.
- 4-Branco, F. D. C.; Vianna, J. M.; Lima, J. R. P. D. Frequência cardíaca na prescrição de treinamento de corredores de fundo. *Rev. bras. ciênc. mov.* Vol. 12. Núm. 2. p.75-79. 2004.
- 5-Brandon, L. J. Physiological Factors Associated with Middle Distance Running Performance. *Sports Medicine.* Vol. 19. Núm. 4. p.268-277. 2012.
- 6-Calvert, A. F.; Bernstein, L.; Bailey, I. K. Physiological Responses to Maximal Exercise in a Normal Australian Population-Comparative Values in Patients with Anatomically Defined Coronary Artery Disease. *Australian and New Zealand Journal of Medicine.* Vol. 7. Núm. 5. p.497-506. 1977.

- 7-De Limaj, A. M. J.; Silvaii, D. V. G.; De Souza, A. O. S. Correlação entre as medidas direta e indireta do VO₂ máx em atletas de futsal. *Rev bras med esporte*. Vol. 11. Núm. 3. 2005.
- 8-De Souza, E. S. C. G.; e colaboradores. Influence of age in estimating maximal oxygen uptake. *J Geriatr Cardiol*. Vol. 13. Núm. 2. p.126-131. 2016.
- 9-Foss, M. L.; Keteyian, S. J. Fox: bases fisiológicas do exercício e do esporte. Guanabara Koogan. 2000.
- 10-Garber, C. E.; e colaboradores. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 43. Núm. 7. p.1334-1359. 2011.
- 11-Glass, S.; Dwyer, G. B.; Medicine, A. C. O. S. ACSM'S metabolic calculations handbook. Lippincott Williams & Wilkins. 2007.
- 12-Hawkins, M. N.; e colaboradores. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 39. Núm. 1. p.103-107. 2007.
- 13-Hawkins, S.; Wiswell, R. Rate and mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging: implications for exercise training. *Sports Med*. Vol. 33. Núm. 12. p.877-88. 2003.
- 14-Inbar, O.; e colaboradores,. Normal cardiopulmonary responses during incremental exercise in 20-to 70-yr-old men. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 26. p.538-538. 1994.
- 15-Jackson, A. S.; Pollock, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*. Vol. 40. Núm. 3. p.497-504. 1978.
- 16-Jones, N. L. *Clinical Exercise Testing*. Saunders. 1997.
- 17-Katzel, L. I.; Sorkin, J. D.; Fleg, J. L. A comparison of longitudinal changes in aerobic fitness in older endurance athletes and sedentary men. *Journal of the American Geriatrics Society*. Vol. 49. Núm. 12. p.1657-1664. 2001.
- 18-Kuipers, H.; e colaboradores. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *Int J Sports Med*. Vol. 24. Núm. 7. p.486-491. 2003.
- 19-Lorenz, D. S.; e colaboradores. What performance characteristics determine elite versus nonelite athletes in the same sport? *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. Vol. 5. Núm. 6. p.542-547. 2013.
- 20-Mahseredjian, F.; Barros Neto, T. L. D.; Tebexreni, A. S. Estudo comparativo de métodos para a predição do consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio em atletas. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 5. Núm. 5. p.167-172. 1999.
- 21-Midgley, A. W.; Mcnaughton, L. R.; Carroll, S. Time at VO₂max during intermittent treadmill running: test protocol dependent or methodological artefact? *Int J Sports Med*. Vol. 28. Núm. 11. p.934-939. 2007.
- 22-Midgley, A. W.; Mcnaughton, L. R.; Wilkinson, M. Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners?: empirical research findings, current opinions, physiological rationale and practical recommendations. *Sports Med*. Vol. 36. Núm. 2. p.117-32. 2006.
- 23-Millet, G. P.; e colaboradores. Responses to Different Intermittent Runs at Velocity Associated With. *Canadian Journal of Applied Physiology*. Vol. 28. Núm. 3. p.410-423. 2003.
- 24-Nieman, D. C.; e colaboradores. Validity of COSMED's quark CPET mixing chamber system in evaluating energy metabolism during aerobic exercise in healthy male adults. *Research in Sports Medicine*. Vol. 21. Núm. 2. p.136-145. 2013.
- 25-Rexhepi, A. M.; Brestovci, B. Prediction of VO₂max based on age, body mass, and resting heart rate. *Human Movement*. Vol. 15. Núm. 1. p.56-59. 2014.
- 26-Robergs, R. A.; Landwehr, R. The surprising history of the "HRmax= 220-age"

equation. J Exerc Physiol. Vol. 5. Núm. 2. p.1-10. 2002.

27-Shaw, A. J.; e colaboradores. The Correlation between Running Economy and Maximal Oxygen Uptake: Cross-Sectional and Longitudinal Relationships in Highly Trained Distance Runners. PLoS One. Vol. 10. Núm. 4. p.e0123101. 2015.

28-Siri, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961.

29-Tanaka, H.; Monahan, K. D.; Seals, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol. Vol. 37. Núm. 1. p.153-156. 2001.

30-UTH, N.; e colaboradores. Estimation of VO₂max from the ratio between HR_{max} and HR_{rest}-the Heart Rate Ratio Method. Eur J Appl Physiol. Vol. 91. Núm. 1. p.111-115. 2004.

31-Utter, A.; e colaboradores. Validation Of Cosmed'S Quark Cpet And Mixing Chamber System: 782: Board# 3 3: 15 PM-5: 15 PM. Medicine & Science in Sports & Exercise. Vol. 43. Núm. 5. p.80. 2011.

32-Vasconcelos, T. L. Comparação das respostas de frequência cardíaca máxima através de equações preditivas e teste máximo em laboratório. Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício. Vol. 1. Núm. 2. 2011. Disponível em: <<http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/14/13>>

Recebido para publicação 31/07/2016

Aceito em 03/11/2016