
Artigo original

Análise comparativa de testes laboratoriais de esteira e de campo para determinar a frequência cardíaca máxima e o consumo máximo de oxigênio em mulheres saudáveis

Comparative analysis between treadmill laboratory tests and field tests to determine the maximum heart rate and maximal oxygen uptake in healthy women

Lawrens Fabrício Cardozo Makkai*, Daniela Fantoni de Lima Alexandrino**, Janaína Lubiana Altoé***, Cintia Lúcia de Lima****, João Carlos Bouzas Marins, D.Sc.*****

Especialista em avaliação e prescrição de atividades motoras para portadores de necessidades especiais e grupos especiais (em andamento) pela UNIFOA e participante do Grupo de Pesquisa - Aspectos Biodinâmicos do Movimento Humano (UFJF), **Especialista em musculação e personal trainer (UCB), Especialista em organização e administração da recreação e do lazer (em andamento) pela UFJF e participante do grupo de pesquisa Corpo e Diversidade cadastrado no CNPq pela FAEFID (UFJF), *Educação Física, Universidade Federal de Viçosa (UFV), ****Educação Física, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Especialista em Educação pela UNIPAC e participante do Grupo de Pesquisa Corpo e Diversidade cadastrado no CNPq pela FAEFID (UFJF), *****Professor Adjunto e coordenador do Laboratório de Performance Humana (LAPEH) do departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa (UFV).*

Resumo

Os objetivos deste estudo foram comparar e analisar as respostas da FC_{\max} e do $VO_{2\max}$ de dois protocolos máximos de esteira (Bruce e Balke) e dois de campo (Cureton 1600 m e Cooper 2400 m), além de comparar os dados da FC_{\max} obtida com a predita pelas equações de estimativa da FC_{\max} de Tanaka e Marins. Foram avaliadas mulheres ($n = 30$) com idade média $22,4 \pm 1,44$ anos. Para determinar as diferenças entre $VO_{2\max}$ e FC_{\max} (obtida e estimada) optou-se pelo teste de análise da variância *Anova One Way*, múltiplas comparações – *Tukey*. Os resultados do $VO_{2\max}$ indicam haver diferença significativa entre os protocolos, exceto entre Balke e Cureton. Concluímos que o protocolo de Balke proporciona o registro do maior $VO_{2\max}$ e Cooper a maior FC_{\max} . A equação de Tanaka é mais indicada para prever a FC_{\max} na população estudada, nos quatro protocolos avaliados.

Palavras-chave: frequência cardíaca, consumo de oxigênio, equação de predição.

Abstract

The present study aims at comparing and analyzing the responses of the HR_{\max} and $VO_{2\max}$ from two treadmill maximum protocols performed in laboratory (Bruce and Balke) and two of field (Cureton 1600 m and Cooper 2400 m), as well as comparing the HR_{\max} data obtained from these tests to the prediction equations suggested by Tanaka and Marins. The sample comprised women ($n = 30$) aged 22.4 ± 1.44 years. The One Way Analysis of Variance, multiple comparisons - Tukey was chosen in order to determine the differences between HR_{\max} and $VO_{2\max}$ (obtained and estimated ones). The results regarding the $VO_{2\max}$ show a significant difference between Balke and Cureton protocols. Therefore, we can conclude that Balke protocol provides the register of the highest $VO_{2\max}$ and Cooper as well as the highest HR_{\max} . Tanaka equation showed to be the most adequate one to predict the HR_{\max} in the studied sample, in all of the four protocols analyzed.

Key-words: heart rate, oxygen consumption, prediction equations.

Recebido em 15 de maio de 2008; aceito em 20 de agosto de 2008.

Endereço para correspondência: Lawrens Fabrício Cardozo Makkai, Av. Independência 2320/1301, 36025-290 Juiz de Fora MG, Tel: (32) 3241 3792, E-mail: makkai@ufv.br

Introdução

Para a avaliação do componente cardiorrespiratório tem-se o teste de esforço máximo, como sendo um dos exames não invasivos mais utilizados para avaliar atletas, pessoas aparentemente saudáveis e pessoas com doença cardiovascular suspeita ou conhecida [1]. Essa avaliação física determina entre outros dados a frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$) e o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), parâmetros esses importantes para a prescrição de exercícios aeróbicos de forma precisa. Esses parâmetros podem ser identificados avaliando a capacidade cardiorrespiratória em testes de esteira ergométrica, sendo importante devido a sua homogeneização das condições de avaliação e reprodutibilidade em laboratório. Contudo, esse tipo de procedimento apresenta limitações, como o custo elevado, utilização de aparelhagem sofisticada e inviável para avaliar grandes grupos [2-4].

Como alternativa, têm sido proposto protocolos de campo, devido à redução de custos e a aplicação em vários indivíduos em um período curto de tempo. Esses testes foram difundidos no mundo inteiro por sua praticidade, sendo utilizados para avaliar escolares, atletas e a população em geral, fornecendo dados para a prescrição de exercícios, seleção esportiva, avaliação da progressão do treinamento e testes físicos para exércitos em diversos países do mundo [5].

Os objetivos de um teste de esforço variam conforme a interpretação do avaliador. Em um diagnóstico médico, o enfoque principal é identificar possíveis disfunções miocárdicas, distúrbios hemodinâmicos esforço-induzidos e prognosticar doenças cardiovasculares que venham a limitar ou mesmo impedir determinados níveis de atividades físicas [6].

Especificamente no campo da Educação Física um teste de esforço terá como principais pontos, avaliar a progressão da preparação física, estabelecer a $FC_{máx}$ e as zonas metabólicas de treinamento, identificar o limiar anaeróbico, auxiliando assim, a correta prescrição do exercício [7]. O profissional de educação física utiliza-se deste tipo de teste para direcionar e periodizar o seu trabalho atendendo os objetivos do indivíduo com segurança e eficiência.

A forma de aplicação de um teste de esforço inclui ergômetro de braço, cicloergômetro de membros inferiores e esteira rolante, usualmente empregados em laboratório [8]. Contudo, testes de campo são alternativas usuais para determinar o $VO_{2máx}$ e a $FC_{máx}$, além de possuir a vantagem de reproduzir as condições em exercício mais próximas do ambiente real, como a temperatura externa e correntes de ar. Cabe ainda destacar que o valor máximo da FC seja determinado individualmente [9], sendo que os testes de campo são uma excelente forma de monitoramento constante da $FC_{máx}$ [10,11].

Quando não se torna possível a realização do teste de esforço máximo por um professor de Educação Física, devido a fatores estruturais, idade elevada, problemas ortopédicos, coronarianos, obesidade mórbida entre outros, torna-se necessário o emprego de equações que predizem a $FC_{máx}$, sendo

uma alternativa interessante para prescrição de exercício [2], visto que, atualmente existem equações que predizem a $FC_{máx}$ com margens de erros mínimas de 1,6 a 1,8 bpm para uma prova máxima [11]. Em contrapartida, a seleção de uma equação inadequada pode gerar interpretações errôneas sobre o desenvolvimento do teste.

Contudo, é necessário observar que existem várias equações propostas, sendo validadas em populações de perfil totalmente diferente, além de fatores como tipo de ergômetro, estado de saúde, gênero e idade [10]. Estabelecer a equação mais fidedigna para cada perfil populacional significa prescrever exercícios com mais segurança e qualidade nos resultados.

Comparando mulheres e homens fisicamente saudáveis no que tange a $FC_{máx}$, parece não existir diferenças significativas dos seus valores na literatura [11-14]. As mulheres geralmente apresentam em cada nível de esforço submáximo uma FC mais alta do que os homens, este fato se associa a um menor volume sistólico [15]. Considerando o $VO_{2máx}$, foi demonstrado que as diferenças dos valores encontrados entre homens e mulheres, podem, em parte, ser explicado pela maior porcentagem de gordura corporal nas mulheres e menores taxas de hemoglobina no sangue, acarretando assim, em uma redução da capacidade de transporte de oxigênio em relação aos homens agindo de forma negativa no resultado final do $VO_{2máx}$ [16].

Assim, os objetivos deste estudo foram comparar as respostas da $FC_{máx}$ e do $VO_{2máx}$ obtidos em testes de esteira segundo protocolos de Balke [7] e Bruce *et al.* [17] e os testes de campo de 1600 m de Cureton *et al.* [18] e 2.400 m de Cooper [5], além de validar as equações de Tanaka *et al.* [19] [$FC_{máx} = 208,75 - 0,73$ (idade)] e Marins [20] [$FC_{máx} = 222,2 - 1,155$ (idade)] para estimar a frequência cardíaca máxima em exercício máximo na esteira e teste de campo. Por último, pretendeu-se verificar se as equações de Bruce *et al.* [17] [$VO_{2máx} = 42,9 - 0,312$ (idade)] e Neto *et al.* [21] [$VO_{2máx} = 58,684 - 0,3124$ (idade)] ambas para mulheres ativas estimam o $VO_{2máx}$ de maneira adequada em jovens aparentemente saudáveis.

Material e métodos

Sujeitos

A amostra foi composta por um total de 30 indivíduos do gênero feminino, estudantes universitárias, com idade entre 19 e 27 anos (média de $22,4 \pm 1,44$ anos), saudáveis e fisicamente ativas, que se apresentaram como voluntárias para a realização deste estudo. Todas tinham plena consciência dos riscos envolvidos na realização dos testes e eram livres para abandonar a pesquisa em qualquer momento. Ao longo de todo o estudo, foram adotadas as normativas brasileiras para estudos com seres humanos. Para melhor visualização da amostra, a Tabela I traz referências do grupo em questão.

Tabela I - Características dos indivíduos estudados.

	Idade (anos)	%G*	MCM (kg)	GT (kg)
Média	22,4	21,60	44,87	12,57
Desvio-padrão	1,44	4,68	3,55	3,7
Máximo	27	32,2	55,16	21,28
Mínimo	19	14,5	37,23	1,59

* Cálculo estimado do percentual de gordura (%G) pela técnica de Jackson e Pollock [32].

MCM = massa corporal magra; GT = gordura total.

Procedimentos

O estudo foi desenvolvido a partir da coleta de dados no Laboratório de Performance Humana (LAPEH - UFV), além de uma pista oficial de 400 m de atletismo. Cada um dos indivíduos foi submetido à realização de quatro testes distintos de esforço máximo. Não houve uma ordem pre-determinada para aplicação dos testes, sendo feita de forma totalmente aleatória.

Na fase que antecedeu os testes, os indivíduos foram instruídos a abster-se de comida pelo menos entre duas ou três horas antes dos testes, a manter a hidratação de forma a não se super-hidratarem, a evitar o álcool, a ter pelo menos 8 horas de sono na noite anterior ao teste e estarem com vestimentas confortáveis e tênis.

As avaliadas responderam ao PAR-Q proposto por Thomas *et al.* [22] e receberam um termo de consentimento, revelando todos os riscos possíveis de ocorrer durante a realização dos testes, devendo ser assinado pela voluntária caso estivesse de acordo.

Foram fornecidas informações prévias a respeito de cada protocolo a ser aplicado, sendo as avaliadas instruídas a evitar segurar-se no corrimão da esteira e a manter o ritmo de corrida no caso do teste de campo. Foi apresentada a cada uma a escala do índice de percepção de esforço (IPE) que compreende valores entre 6 e 20, proposta por Borg [23].

Quatro diferentes protocolos de teste de esforço máximo foram aplicados. Nos testes realizados em laboratório foi utilizada uma esteira rolante (Ecafix EG 700X). O teste de campo foi aplicado na pista de atletismo de 400 metros do Departamento de Educação Física da UFV.

A FC foi registrada por meio de monitores cardíacos da marca Polar® S 610i, e a pressão arterial (PA) monitorada com um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio da marca Tyco's® e um estetoscópio da marca Wan Méd®. A FC_{máx} prevista foi calculada por meio da equação de Tanaka *et al.*

Fatores ambientais como temperatura e umidade relativa do ar, no laboratório, foram controlados, sendo mantidos valores entre 21 e 23 °C e aproximadamente 60 a 80% de umidade.

Foram empregados protocolos máximos em esteira rolante de Bruce *et al.* e Balke, e no campo através dos protocolos de 1600 m de Cureton *et al.* e 2.400 m de Cooper. Os quatro testes foram realizados exclusivamente na parte da manhã, caso o primeiro tenha sido feito nesse período, ou exclusiva-

mente na parte da tarde, caso o primeiro tenha sido realizado no período da tarde.

Antes de iniciar os testes, o indivíduo permanecia um tempo assentado em repouso (entre 5 e 15 minutos), para serem coletados o menor valor de FC e pressão arterial (PA) inicial. Para desenvolvimento do protocolo, valores de segurança para essas variáveis foram preestabelecidos, como FC < 100 bpm, PA diastólica < 90 mmHg e PA sistólica < 140 mmHg, representando uma ação mais conservadora que a indicada pela SBC [6].

As avaliações foram realizadas com intervalos de pelo menos 48 horas. Para os testes de esteira rolante foi feito um aquecimento de três minutos, com velocidade de 3,0 milhas por hora (mph), sem inclinação. No caso dos testes de campo, o aquecimento foi feito por meio da realização de três voltas na pista de atletismo, sendo uma caminhada rápida na primeira e um trote nas duas últimas, mantendo em todas as situações a FC abaixo de 140 bpm. Na esteira, a FC foi registrada a cada minuto, a PA e o IPE no final de cada estágio, desde o aquecimento até o final dos testes. Na pista, a FC foi monitorada no final de cada volta.

O tratamento estatístico deste estudo empregou uma estatística descritiva, com a média, desvio-padrão, valor máximo e valor mínimo para cada um dos parâmetros obtidos durante os quatro testes.

Para determinar a existência de diferenças significativas do VO_{2máx} ml(kg.min)⁻¹ e FC_{máx} calculado e obtido, optou-se pelo teste de análise de variância *Anova One Way*, múltiplas comparações – *Tukey*, sendo considerado um nível de significância de p < 0,05 para considerar válida a hipótese estatística. Utilizou-se o programa estatístico *Software Sigma Start*®, versão 2.0. As equações utilizadas para estimar a FC foram de Tanaka *et al.*, que corresponde a [208,75 - (0,73 x idade)], e Marins [222,2 - (1,155 x idade)]. Já para estimar o VO_{2máx} adotou-se as equações de Bruce *et al.* [VO_{2máx} = 42,9 - 0,312 x idade] e Neto *et al.* [VO_{2máx} = 58,684 - 0,3124 x idade].

Resultados e discussão

Na Tabela II são apresentados os resultados encontrados para a FC_{máx}. Já a Tabela III mostra o resultado do teste estatístico, indicando a existência ou não de diferenças significativas entre as FC_{máx} obtidas e estimadas.

Tabela II - $FC_{m\acute{a}x}$ obtida nos quatro protocolos de esforço máximo de Balke, Bruce, Cureton e Cooper e estimada por Tanaka *et al.* [19] e Marins [7].

	Balke	Bruce	Cureton 1600 m	Cooper 2400 m	Tanaka <i>et al.</i> [19] 208,75 - (0,73 x id)	Marins [7] 222,2 - (1,155 x id)
Média	192,2	189,5	192,6	194,1	192,4	196,3
DP	7,31	6,35	6,42	6,08	1,54	2,29
Máximo	204	205	206	204	195	200
Mínimo	178	179	179	180	189	191

id = idade; m = metros; DP = desvio-padrão.

Tabela III - Níveis de significância das mdias de $FC_{m\acute{a}x}$ (bpm) obtidas e estimadas.

Grupos	FCmáx (bpm)		Diferença entre mdias
	Marins vs. Balke	196,3	192,2
Marins Bruce	196,3	189,5	6,7*
Marins vs. Tanaka	196,3	192,4	3,9*
Marins vs. Cureton 1600 m	196,3	192,6	3,7
Marins vs. Cooper 2400 m	196,3	194,1	2,2
Cooper 2400 m vs. Balke	194,1	192,2	1,8
Cooper 2400 m vs. Bruce	194,1	189,5	4,5*
Cooper 2400 m vs. Tanaka	194,1	192,4	1,7
Cooper 2400 m vs. Cureton 1600 m	194,1	192,6	1,5
Cureton 1600 m vs. Balke	192,6	192,2	0,3
Cureton 1600 m vs. Bruce	192,6	189,5	3,0
Cureton 1600 m vs. Tanaka	192,6	192,4	0,2
Tanaka vs. Balke	192,4	192,2	0,1
Tanaka vs. Bruce	192,4	189,5	2,8
Bruce vs Balke	189,5	192,2	2,7

* Diferença significativa $p < 0,05$; bpm = batimento por minuto.

Os dados estatísticos mostram que a equação de Marins pode ser empregada para estimar a $FC_{m\acute{a}x}$ somente nos testes de campo de 1600 m e 2.400 m. Já a equação de Tanaka *et al.* mostrou ser adequada tanto para os testes de campo deste estudo como para os de esteira de Balke e Bruce *et al.*, concordando com os estudos de Marins e Fernandez [10,11] em estudantes universitários de que a fórmula proposta por Tanaka *et al.*  a mais adequada. Cabe destacar que a equação de Marins não foi testada nos referidos estudos.

Ao comparar as mdias da $FC_{m\acute{a}x}$ obtidas em cada protocolo, observa-se que o valor mais alto registrado ($194,1 \pm 6,08$ bpm) para essa variável foi encontrado no protocolo de 2.400 m de Cooper apontando não existir diferença significativa entre os protocolos, exceto entre Bruce *et al.* vs. Cooper onde ocorreu essa diferença. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Froelicher *et al.* [24], que ao compara-

rem a $FC_{m\acute{a}x}$ em dois protocolos máximos em esteira (Bruce vs. Balke), não observaram diferenças significativas entre os valores da mesma.

Entre os protocolos realizados em esteira rolante, o grupo apresentou valor médio mais elevado em Balke ($192,2 \pm 7,31$ bpm). Assim como nesse estudo, já se observou em outras pesquisas que os testes de campo tendem a provocar maior $FC_{m\acute{a}x}$ em relação aos de laboratório [8,9].  possível especular que o valor mais alto obtido em pista foi decorrente das condições ambientais, incontroláveis no teste de campo, levando o sistema cardiovascular a um maior estresse físico [25]. Já nos testes realizados em laboratório, as condições ambientais controladas minimizaram a influência da temperatura e da umidade nas respostas cronotrpicas dos avaliados.

Todos os protocolos apresentaram característica de um teste máximo segundo as considerações feitas por Lazzoli [26], de que testes que levassem o avaliado a atingir patamares superiores a 85% da $FC_{m\acute{a}x}$ calculada seriam considerados máximos. Outro critério para validação é a verificação dos valores apresentados no último registro da FC com variação de 10 bpm em relação a $FC_{m\acute{a}x}$ calculada [27]. Portanto, todas as voluntárias envolvidas neste trabalho apresentaram respostas condizentes com as considerações dos referidos autores.

Para indicar o emprego de uma equação estimativa da $FC_{m\acute{a}x}$, Robergs e Landwehr [28] estabeleceram limites de ± 3 bpm para testes máximos e ± 8 bpm para prescrição de exercícios. Neste estudo a equação de Tanaka *et al.* registrou intervalo de + 0,1 bpm a + 2,8 bpm e Marins com intervalo de + 2,2 bpm a + 6,7 bpm em relação aos quatro protocolos.

Quando comparados os resultados da $FC_{m\acute{a}x}$ estimada, em relação à idade, pelas equações de Tanaka *et al.* e Marins, encontrou-se diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre elas, percebeu-se que os valores estimados por Tanaka *et al.* se encontravam em maior porcentagem dentro da faixa de flutuação de ± 8 bpm (tabela IV), corroborando com os valores encontrados no estudo de Marins e Fernandez [11] obtendo 81% da amostra dentro da faixa, em comparação a Marins visto na Tabela V.

Tabela IV - Comparação da faixa de flutuação de ± 8 bpm da $FC_{m\acute{a}x}$ obtida nos quatro protocolos com a predita pela equação de Tanaka et al. [19].

Teste	Abaixo da faixa de ± 8 bpm	Dentro da faixa de ± 8 bpm	Acima da faixa de ± 8 bpm
Balke	15%	75%	10%
Bruce	5%	90%	5%
Cureton 1600 m	10%	83,33%	6,66%
Cooper 2400 m	6,66%	76,66%	16,66%

Tabela V - Comparação da faixa de flutuação de ± 8 bpm da $FC_{m\acute{a}x}$ obtida nos quatro protocolos com a predita pela equação de Marins [7].

Teste	Abaixo da faixa de ± 8 bpm	Dentro da faixa de ± 8 bpm	Acima da faixa de ± 8 bpm
Balke	30%	70%	0%
Bruce	30%	70%	0%
Cureton 1600 m	23,33%	73,33%	3,33%
Cooper 2400 m	13,33%	86,66%	0%

Assim, fisiologicamente, a equação de Tanaka et al. é mais recomendada para sujeitos com características semelhantes às deste grupo estudado. Quanto à equação estimativa desenvolvida por Marins, foi encontrada diferença significativa ao ser comparada com os protocolos de Balke e Bruce et al., sendo adequada aos protocolos de Cureton et al. 1600 metros e Cooper 2400 metros, retomando, assim, sua proposta inicial tendo em vista que foi desenvolvida tomando como base resultados de $FC_{m\acute{a}x}$ obtida no teste de Cooper 2400 m.

Os resultados obtidos ratificam as indicações de Marins [20] para o uso da sua equação para o teste de Cooper de 2.400 m. Contudo, o uso da equação de Tanaka et al. aponta ser superior para uso deste grupo. Para o grupo avaliado, ambas as equações são ferramentas importantes, Tanaka et al. tanto para a interpretação dos testes ergométricos como para prescrição de exercícios e Marins utilizada para prescrição de exercícios e para os protocolos de pista. Sendo assim, deve existir por parte do avaliador uma análise para selecionar uma fórmula adequada para determinado teste, evitando assim, mascarar a real intensidade da faixa de treinamento

do indivíduo podendo gerar resultados desfavoráveis quanto aos seus objetivos.

Consumo máximo de oxigênio

Na Tabela VI são apresentados os valores de média, desvio-padrão, máximo e mínimo, assim como a classificação do $VO_{2m\acute{a}x}$ $ml(kg.min)^{-1}$, obtidos nos quatro protocolos empregados, indicando haver diferença estatisticamente significativa na predição do $VO_{2m\acute{a}x}$ entre eles, com exceção apenas entre os protocolos de Balke vs. Cureton et al.

Os resultados obtidos de $VO_{2m\acute{a}x}$ nos quatro protocolos também foram comparados aos resultados do $VO_{2m\acute{a}x}$ estimados pelas equações de Bruce et al. e Neto et al. para mulheres ativas. Os dados indicam que a equação de Bruce et al. tem uma tendência a subestimar os valores da capacidade aeróbica quando comparados com os obtidos nos protocolos, exceto para o teste de Cooper onde houve uma proximidade nos resultados, $36,29 ml(kg.min)^{-1}$ representado por Cooper contra $36,05 ml(kg.min)^{-1}$ da equação.

Já a equação de Neto et al. que foi criada para a população brasileira, apresentou valores superestimados em todos os protocolos do $VO_{2m\acute{a}x}$ $51,69 ml(kg.min)^{-1}$ contra o maior valor entre os protocolos $44,88 ml(kg.min)^{-1}$ obtido em Balke. Robergs & Landwehr [28] destacam que o erro de estimativa para propósitos de prescrição de exercícios aceitáveis na determinação do $VO_{2m\acute{a}x}$ deve ser abaixo de $3 ml(kg.min)^{-1}$.

Em relação às equações preditivas do $VO_{2m\acute{a}x}$ deste estudo, deve-se ter precaução ao afirmar que as fórmulas subestimaram ou superestimaram o $VO_{2m\acute{a}x}$ final, devido ao fato de não ter sido utilizado a espirometria direta ou ergoespirometria para análise de gases espirados.

O protocolo de Bruce et al., entretanto, parece ser o mais indicado para pessoas bem condicionadas, com o intuito de conhecer as respostas fisiológicas, determinar a capacidade funcional e obter parâmetros para prescrição de exercício físico. Na literatura, este protocolo e o de Ellestad são os mais indicados para indivíduos fisicamente ativos e/ou jovens aparentemente saudáveis [6]. Entretanto, o protocolo de Bruce et al. que obteve $VO_{2m\acute{a}x}$ $39,48 \pm 4,71 ml(kg.min)^{-1}$ para a população deste estudo não seria indicado, tendo em vista os relatos da maioria das avaliadas, ao apresentarem fadiga periférica antes que ocorre-se fadiga central, fator este

Tabela VI - Resultados do $VO_{2m\acute{a}x}$ $ml(kg.min)^{-1}$ obtido e estimado pelas equações de Bruce et al. [17] e Neto et al. [21] e a classificação segundo o AHA [33].

	Balke	Bruce	Cureton 1600 m	Cooper 2400 m	Bruce et al. [17] $VO_{2m\acute{a}x} = 42,9 - 0,312 \times idade$	Neto et al. [21] $VO_{2m\acute{a}x} = 58,684 - 0,3124 \times idade$
$VO_{2m\acute{a}x}$	44,88	39,48	43,59	36,29	35,91	51,69
Classificação	Boa	Boa	Boa	Regular	X	X
DP	4,53	4,71	3,0	3,15	0,83	0,60
Máximo	52,45	48,1	50,11	43,91	39,4	52,74
Mínimo	36,56	31,3	37,12	30,94	35,1	50,24

responsável pela interrupção do teste reduzindo possivelmente os valores reais do $VO_{2\text{máx}}$ do grupo. No trabalho de Kang *et al.* [29] verificou-se valores próximos a deste estudo $40,84 \text{ ml}(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}$. Testes mais curtos acarretam em valores menores de $VO_{2\text{máx}}$, possivelmente por causa de limitações musculares causadas por elevada intensidade de esforço [21].

Os resultados deste estudo sinalizam que uma anamnese prévia auxilia a estabelecer qual tipo de teste poderá ser mais indicado. Em mulheres corredoras com hábito de corrida o teste de esteira de Bruce *et al.* poderá ser o mais indicado. Por outro lado, o teste de esteira de Balke será recomendado em mulheres ativas, porém, não corredoras minimizando o risco de interrupção do teste por fadiga periférica.

Quanto aos protocolos de Cureton *et al.* e Cooper, observaram-se valores médios para a capacidade aeróbica de $43,59 \pm 3,0 \text{ ml}(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}$ e $36,29 \pm 3,15 \text{ ml}(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}$ respectivamente, confirmando os resultados encontrados por Makkai [25], para esses protocolos, possivelmente esta diferença entre os testes se deva ao fato do protocolo de Cureton *et al.* ter um tempo de duração menor, sendo assim, o resultado pode ter sido influenciado pelo componente anaeróbico. Outro propósito está relacionado com a temperatura ambiente e a umidade do ar, que no caso, poderia afetar o desempenho negativamente no teste de Cooper por este ser mais longo, expondo a avaliada a um maior desgaste físico durante a avaliação. É imprescindível que sejam padronizadas as aplicações no que diz respeito principalmente ao horário do dia.

Pollock e Wilmore [30] sugerem então, que para a realização de um teste de campo seja feito um período de adaptação para que o avaliado experimente o percurso e ritmo do teste, sabendo, dessa forma, o seu tempo médio por volta, apresentando assim, um melhor desempenho aeróbico, mais próximo do real. No presente estudo, a maior parte das avaliadas já possuía este conhecimento, contudo em poucos casos foi possível observar avaliadas com dificuldade em administrar um ritmo de corrida constante.

Um ponto importante a ser ressaltado é em relação ao tempo de duração do protocolo que segundo a literatura, a faixa recomendável concentra-se entre 8 a 15 minutos [7,30,31]. Contrariando esses autores Astorino *et al.* [12] investigou sobre tempo ideal para duração de protocolos máximos para homens e mulheres em idade universitária, verificou que protocolos com tempo acima de 13 minutos causavam menores resultados de $VO_{2\text{máx}}$ $3,45 \pm 0,79 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ versus $3,58 \pm 0,83 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ do protocolo com 10 minutos de duração, concluiu seus achados determinando um tempo entre 10 ± 2 minutos como sendo ideal para aquisição do $VO_{2\text{máx}}$ e que tempos acima de 13 minutos causariam redução de 4 a 5 % do mesmo.

Para este estudo o protocolo de Balke obteve o valor médio mais elevado para o consumo máximo de oxigênio $44,88 \pm 4,53 \text{ ml}(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}$, porém, a duração da avaliação na esteira para este teste oscilou de 19 a 22 minutos, ultrapassando excessivamente o limite recomendado. Para solucionar este

problema quanto à aplicação deste protocolo, sugere-se iniciar o teste desconsiderando os estágios iniciais visando manter a avaliação dentro da faixa de tempo predita como ideal, para a amostra deste estudo recomenda-se partir entre o sétimo e décimo estágio do protocolo de Balke.

Conclusão

Ao comparar as médias da $FC_{\text{máx}}$ obtidas em cada protocolo, observa-se que os valores foram próximos, sendo o protocolo de 2.400 m de Cooper tendendo a apresentar a maior $FC_{\text{máx}}$.

Dos quatro protocolos de esforço máximo aplicados, os resultados indicam haver diferença estatisticamente significativa na predição do $VO_{2\text{máx}}$ entre os protocolos, com exceção apenas entre os protocolos de Balke vs. Cureton *et al.*, onde não existiu essa diferença.

Conclui-se que a equação de Tanaka *et al.* tem aplicabilidade aceitável para ser usada nos quatro protocolos, já a desenvolvida por Marins teve resultados consideráveis para o seu emprego nos testes de campo deste estudo.

A equação de predição do $VO_{2\text{máx}}$ de Bruce *et al.* apresentou resultados que tendem a subestimar o $VO_{2\text{máx}}$ obtido, exceto em Cooper, já a equação de Neto *et al.* revelou valores que superestimam o $VO_{2\text{máx}}$ em todos os protocolos para a população analisada neste trabalho, porém, para concretização destes resultados deve ser aplicado o teste máximo com analisador de gases.

Agradecimentos

Estudo parcialmente financiado pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Referências

1. Chalela WA, Moffa PJ. Teste ergométrico. In: Negrão CE, Barretto ACP. Cardiologia do exercício, do atleta ao cardiopata. São Paulo: Manole; 2005:92-127.
2. Filardo RD. Validação das equações metabólicas do colégio americano de medicina do esporte [dissertação]. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina; 2005.
3. Silva LGM, Pacheco ME, Campbell CSG, Baldissera V, Simões HG. Comparação entre protocolos diretos e indiretos de avaliação da aptidão aeróbia em indivíduos fisicamente ativos. Rev Bras Med Esporte 2005;11(4):219-223.
4. Speck LM, Macedo HGC, Carvalho GB, Nunes N, Barbosa Junior ACS, Forquim Junior WM. Comparação dos testes de Cooper e da universidade de Montreal com o teste de medida direta de consumo máximo de oxigênio. Rev Educ Fís 2005;136:13-19.
5. Cooper KH. Capacidade aeróbica. Coleção educação física mundial - técnicas modernas. 2a ed. Rio de Janeiro: Honor; 1972.
6. SBC. Sociedade Brasileira de Cardiologia. II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste ergométrico. [citado

- 2007 set 12]. Disponível em: URL: <http://publicações.cardiol.br/consenso/2002/7805/ergométrico.pdf>); 2002.
7. Marins JCB, Giannichi RS. Avaliação e prescrição de atividade física: guia prático. 3a ed. Rio de Janeiro: Shape; 2003.
 8. Primo PG, Marins JCB. Análise comparativa de testes laboratoriais de esteira e de campo para determinar a frequência cardíaca máxima e o VO₂ máximo. In: XXVIII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte. São Paulo; 2005. p.348.
 9. Santos AL, Silva SC, Farinatti PTV, Monteiro WD. Respostas da frequência cardíaca em testes máximos de campo e laboratório. Rev Bras Med Esporte 2005;11(3):117-180.
 10. Marins JCB, Fernandez MD. FC_{máx} – comparação da frequência cardíaca máxima por meio de provas com perfil aeróbio e anaeróbio. Fitness & Performance Journal 2004;3(3).
 11. Marins JCB, Fernandez MD. Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardíaca máxima en carrera para jóvenes deportistas. Arch Med Deporte 2007;24:112-20.
 12. Astorino TA, Rietschel JC, Tam PA, Taylor K, Johnson SM, Freedman TP, et al. Reinvestigation of optimal duration of VO₂max testing. J Exerc Physiol (online) 2004;7:1-8.
 13. Dalleck LC, Kravtitz L. Relationship between %heart rate reserve and %VO₂ reserve during elliptical crosstrainer exercise. J Sports Sci Med 2006;5:662-71.
 14. Jakovljevic DG, Nunan D, Donovan G, Hodges LD, Sandercock GRH, Brodie DA. Lack of agreement between gas exchange variables measured by two metabolic systems. J Sports Sci Med 2008;7:15-22.
 15. Skinner JS. Prova de esforço e prescrição de exercício para casos específicos. Rio de Janeiro: Revinter; 1991.
 16. Powers SK, Howley ET. Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 5a ed. São Paulo: Manole; 2005.
 17. Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. Am Heart J 1973;85:546-62.
 18. Cureton KJ, Sloniger MA, O'bannon JP, Black DM, McCormack WP. A generalized equation for prediction of VO₂peak from 1-mile run/walk performance. Med Sci Sports Exerc 1995;3:445-51.
 19. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. J Am Coll Cardiol 2001;37:153-6.
 20. Marins JCB. Comparación de la frecuencia cardíaca máxima y fórmulas para su predicción [tese]. Granada: INEF Universidade de Granada; 2003.
 21. Neto TLB, César MC, Tambeiro VL. Avaliação da aptidão cardiorrespiratória. In: Ghorayeb N, Barros NTL. O exercício – Preparação fisiológica, avaliação médica, aspectos especiais e preventivos. São Paulo: Atheneu; 1999.
 22. Thomas S, Reading J, Shephard RJ. Revision of the physical activity readiness questionnaire (PAR-Q). Can J Sport Sci 1992;17:338-45.
 23. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sci Sports Exerc 1982;14:377-81.
 24. Froelicher Junior VF, Thompson Junior AJ, Davis G, Triebwasser JH. Prediction of maximal oxygen consumption. Comparison of the Bruce and Balke treadmill protocols. Chest 1975;68:331-6.
 25. Makkai LFC. Comparação da frequência cardíaca máxima e do VO₂ máximo durante os testes de 1600 metros e 2400 metros de corrida em mulheres. In: XXIX Simpósio Internacional de Ciências do Esporte. São Paulo; 2006. p.211.
 26. Lazzoli JK. Manual de esforço e prescrição de exercício. 4a ed. Rio de Janeiro: Revinter; 1996.
 27. Howley E, Basset D, Welch H. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. Med Sci Sports Exerc 1995;27:1292-1301.
 28. Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the “HR_{max}=220-age” equation. J Exerc Physiol (online) 2002;5.
 29. Kang J, Chaloupka EC, Mastrangelo MA, Biren GB, Robertson RJ. Physiological comparisons among three maximal treadmill exercise protocols in trained and untrained individuals. J Appl Physiol 2001;84:291-295.
 30. Pollock ML, Wilmore JL. Exercícios na saúde e na doença – avaliação e prescrição para prevenção e reabilitação. 2a ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1993.
 31. Sharkey BJ. Condicionamento físico e saúde. 4a ed. Porto Alegre: Artmed; 1998.
 32. Jackson AS, Pollock ML. Assessment of body composition. Phys Sports Med 1985;13:76-90.
 33. American Heart Association (AHA). Guidelines for clinical exercise testing laboratories. Circulation 1995;91:912-21.