

Reprodutibilidade do $VO_{2Máx}$ estimado na corrida pela frequência cardíaca e consumo de oxigênio de reserva

CDD. 20.ed. 796.022

Tony Meireles SANTOS*
Bruno Ferreira VIANA*
Alberto Souza SÁ FILHO*

*Universidade Gama Filho.

Resumo

Objetivou-se comparar os efeitos de utilização da frequência cardíaca máxima medida (FC_{pico}) vs. predita ($FC_{predita}$) na estimativa do $VO_{2Máx}$ em esteira pelo método de FC e VO_2 de reserva. Dezoito homens ($27,5 \pm 7,1$ anos, $73,7 \pm 12,6$ kg, $174,8 \pm 10,2$ cm) realizaram na primeira visita um teste progressivo máximo para determinar a FC_{pico} . Nas duas visitas seguintes foram realizados os testes aeróbios submáximos em esteira com estágio de 6 min a 75% da FC de reserva. O $VO_{2Máx}$ foi estimado pelo uso conjunto das equações de FC, VO_2 de reserva e equação de corrida do ACSM. Não foi observada diferença significativa (teste t) entre as estimativas de $VO_{2Máx}$ a partir da $FC_{predita}$ e FC_{pico} . O coeficiente de correlação intraclass e erro típico da medida utilizando $FC_{predita}$ e FC_{pico} foram $0,89$, $2,43$ mL·kg⁻¹·min⁻¹ (5%) e $0,83$, $2,43$ mL·kg⁻¹·min⁻¹ (4,9%), respectivamente. O uso da abordagem estimada para determinação da FC máxima mostrou-se adequado para a determinação do $VO_{2Máx}$ com um pequeno erro típico da medida.

UNITERMOS: Frequência cardíaca; Teste de exercício; Desempenho; Endurance.

Introdução

A medida do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2Máx}$) em teste ergoespirométrico é considerada padrão ouro para quantificar a potência aeróbia máxima, indicada na monitoração de atletas, ativos, assintomáticos e enfermos. Em inúmeras situações este procedimento é impraticável (HALL, FIGUEROA, FERNHALL & KANALEY, 2004), sendo necessário e recomendado utilizar estratégias indiretas para sua determinação, como as estimativas baseadas nas equações preditivas em teste de esforço máximo ou submáximo (ACSM, 2010). Diversos protocolos submáximos foram propostos para estimar o $VO_{2Máx}$ (CHATTERJEE, CHATTERJEE & BANDYOPADHYAY, 2005; CHURCH, KAMPERT, WILKINSON, DUNN & BLAIR, 2001; CINK & THOMAS, 1981; DALLECK, VELLA, KRAVITZ & ROBERGS, 2005; FITCHETT, 1985; SWANK, SERAPIGLIA, FUNK, ADAMS, DURHAM & BERNING, 2001), utilizando em geral o comportamento da frequência cardíaca (FC) em resposta à potência produzida em exercício (ASTRAND & RYHMING, 1954; CINK & THOMAS, 1981; FITCHETT, 1985; SWAIN, PARROTT, BENNETT, BRANCH & DOWLING, 2004).

Um dos protocolos submáximos mais difundidos para estimativa do $VO_{2Máx}$ é o de ASTRAND e RYHMING (1954), caracterizado pela aplicação de uma carga constante, com duração de 6 min e medida da frequência cardíaca (FC) para posterior predição do $VO_{2Máx}$ (erro preditivo de 5,5% a 14,4%). Uma limitação desta abordagem é assumir uma suposta relação linear entre VO_2 e FC (SWAIN, ABERNATHY, SMITH, LEE & BUNN, 1994) para a estimativa do $VO_{2Máx}$. Há evidências de que a FC não apresenta um comportamento perfeitamente linear durante testes de intensidades crescentes (GIBSON, HARRISON & WLLICOME, 1979). Apesar de não consensual (CUNHA, FARINATTI & MIDGLEY, 2011), é sabido que a relação entre FC e VO_2 apresenta melhor associação pelo método de reserva ($\%FC_{Reserva}$ e $\%VO_{2Reserva}$, respectivamente), possibilitando que a uma dada intensidade da $FC_{Reserva}$ o indivíduo se encontre na mesma intensidade do $VO_{2Reserva}$ (SWAIN et al., 1998). Após a proposição do $VO_{2Reserva}$, o mesmo grupo (SWAIN et al., 2004) validou o método para estimar o $VO_{2Máx}$. Utilizando a equação metabólica para cicloergômetro

(ACSM, 2010), os autores adotaram um estágio único com 6 min, conforme realizado previamente por ASTRAND e RYHMING (1954), acrescentando um aquecimento para o alcance da intensidade de teste a $\approx 70\%$ da $FC_{Reserva}$. Foi reportado para a estratégia um erro preditivo de $4,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($r = 0,894$, $p = 0,001$), entendido como satisfatório se considerada a sua simplicidade metodológica e o baixo custo do teste.

Posteriormente, SANTOS (2007) adaptou para a esteira rolante, o protocolo originalmente sugerido em cicloergômetro, com a utilização do método validado por SWAIN et al. (2004) e a equação metabólica do ACSM (2010) para a corrida. Uma questão metodológica ainda não investigada reside na utilização da FC máxima prevista pela idade ($FC_{Máx_Predita}$) para estimativa do $VO_{2Máx}$. ROBERGS e LANDWEHR (2002) relataram que a $FC_{predita}$ subestimava a máxima frequência cardíaca alcançada durante um teste progressivo máximo (FC_{pico}), obtida em teste incremental máximo, em 6 bpm e poderia estar

associada a erro preditivo de $4,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (8,3%) no VO_2 . Este erro poderia ser explicado pela ausência de uma relação linear perfeita entre VO_2 e FC durante intensidades crescentes. Entretanto, até a presente data, não se conhece o impacto da utilização da $FC_{predita}$ para a estimativa do $VO_{2Máx}$, quando comparada à FC_{pico} . Em última análise, diferenças entre $FC_{predita}$ e FC_{pico} poderiam ter efeito sobre a reprodutibilidade deste método de estimativa do $VO_{2Máx}$.

Sendo assim, o primeiro objetivo do presente estudo foi determinar a reprodutibilidade da estimativa do $VO_{2Máx}$ adaptado para a esteira rolante. Acredita-se que a estratégia de predição do $VO_{2Máx}$ com base no $VO_{2Reserva}$ apresente reprodutibilidade satisfatória. Em complemento, objetivou-se comparar se o uso da FC_{pico} vs. $FC_{predita}$ influenciava a estimativa do $VO_{2Máx}$. Acredita-se que a diferença entre os métodos de determinação da $FC_{Máx}$ resulte em diferenças significativas na estimativas do $VO_{2Máx}$.

Métodos

Delineamento experimental

Foram realizadas três visitas com intervalo mínimo de dois e máximo de cinco dias entre elas. As visitas foram esquematizadas na FIGURA 1. A primeira consistiu na realização de um teste

progressivo máximo para determinação da FC_{pico} . Nas visitas dois e três, foram realizados os testes aeróbios submáximos para posterior determinação da reprodutibilidade da medida. Todos os testes foram realizados em um mesmo período do dia e com a temperatura entre 21 e 23°.

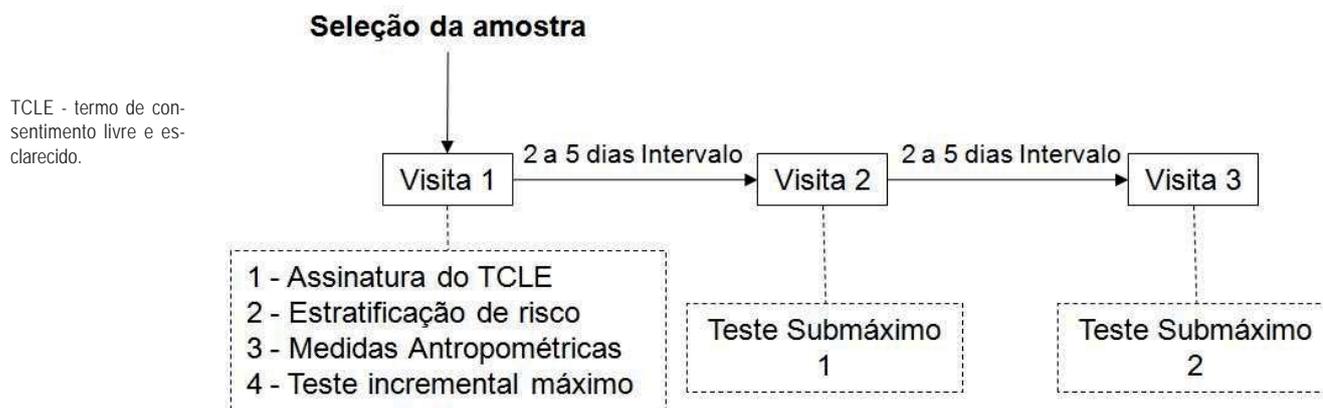


FIGURA 1 - Delineamento experimental.

Sujeitos

Foi selecionada uma amostra composta por 18 homens assintomáticos, com idade entre 18 e 44 anos, aerobiamente ativos e que não faziam uso regular de qualquer droga ou estimulantes para o

desempenho. Suas características estão descritas na TABELA 1. Foram excluídos da seleção indivíduos hipertensos, tabagistas, com história recente de lesão (ACSM, 2000). Todos os voluntários foram orientados a não se alimentar nas três horas que antecederam os testes, assim como não realizarem

atividades físicas nas 24 h anteriores às avaliações. Todos os sujeitos consentiram formalmente sua participação no experimento a partir da assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido

Os procedimentos foram previamente aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da Universidade Presidente Antônio Carlos - Barbacena (Protocolo # 092/06 - 27/04/06).

TABELA 1 - Características dos Sujeitos (n = 18).

Características	Média (DP)	IC95%
Idade (anos)	27,5 (7,1)	24,1 - 31,0
Massa Corporal (kg)	73,7 (12,6)	67,6 - 79,7
Estatuta (cm)	174,8 (10,2)	169,9 - 179,7
Gordura Percentual (%)	5,4 (5,8)	2,6 - 8,2
$VO_{2\text{Máx}}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	48,7 (5,3)	46,1 - 51,3

DP = desvio padrão;
IC95% = intervalo de confiança para 95% dos dados;
 $VO_{2\text{Máx}}$ determinado pela média entre os dois dias de teste.

Procedimentos

Antropometria

Foram adotadas as normas da International Society for Advancement of Kinanthropometry - ISAK (NORTON & OLDS, 1996; ROSS, CARR & CARTER, 1999), sendo mensuradas massa corporal, estatura e dobras cutâneas (tórax, abdômen e coxa) com posterior cálculo de densidade corporal (SIRI, 1961) e percentual de gordura (JACKSON & POLLOCK, 2004).

Protocolo Progressivo Máximo

Para determinação da FC_{pico} , a partir de uma velocidade de $5,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ e 1% de inclinação, foram administrados sucessivos incrementos de $1,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada 2 min até a exaustão voluntária máxima. A FC e percepção subjetiva de esforço (PSE, CR 10) (BORG, 1998) foram registradas nos 10 s finais de cada estágio. A FC_{pico} foi definida como a maior FC observada durante o teste.

Protocolo Submáximo

Após 6 min em posição supina para determinação da FC de repouso (FC_{Repouso}), os sujeitos iniciaram uma caminhada na esteira rolante a $5,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ com 1% de inclinação. Foram administrados incrementos de $1,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a cada minuto até o alcance da intensidade mínima de 65% da FC_{Reserva} . Neste momento, a velocidade foi mantida por 6 min a fim de possibilitar o alcance do estado de equilíbrio. Caso a FC não ultrapassasse 70% da FC_{Reserva} até o terceiro minuto, um novo incremento de $1,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ era administrado e mantido por 6 min, objetivando-se alcançar uma intensidade dentre 70% e 85% da FC_{Reserva} .

A FC e a PSE foram registradas nos 10 s finais de cada minuto. A média de FC entre o 5º e 6º minutos da fase em estado estável foi utilizada para a estimativa do $VO_{2\text{Máx}}$. O $VO_{2\text{Máx}}$ foi estimado utilizando a equação adaptada de SWAIN et al. (2004):

$$VO_{2\text{Máx}} = [(0,2 \times \text{velocidade}) + (0,9 \times \text{velocidade} \times \text{inclinação})] \div [(FC_{\text{Carga}} - FC_{\text{Repouso}}) \div (FC_{\text{Máxima}} - FC_{\text{Repouso}})] + 3,5$$

Onde:

$VO_{2\text{Máx}}$ - consumo máximo de oxigênio em $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$;

Velocidade - em $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$;

Inclinação - em valores centesimais;

FC_{Carga} - média da FC entre o 5º e o 6º min em estado estável;

FC_{Repouso} - FC após 10 min de repouso;

$FC_{\text{Máxima}}$ - maior FC alcançada durante protocolo progressivo máximo (FC_{pico}) ou estimada pela equação $220 - \text{idade}$ (FC_{predita}).

Análise estatística

As características morfológicas e fisiológicas foram descritas pela média \pm desvio padrão e intervalo de confiança para 95% (IC95%). A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro Wilk. A reprodutibilidade foi estabelecida pelo coeficiente de correlação intra-classe (CCI) e erro típico da medida (ETM) absoluto e relativo, utilizando a planilha proposta por HOPKINS (2009). O teste de correlação de Pearson foi utilizado complementarmente à análise de Bland-Altman para investigar a heterocedasticidade dos dados. Um teste t pareado foi usado na comparação entre as médias de $VO_{2\text{Máx}}$ determinados a partir da FC_{pico} e FC_{predita} . Para as

análises de correlação de Pearson e teste t, foi utilizado o "software" estatístico SPSS (v. 17, SPSS Inc.,

Chicago, USA) com nível de significância ajustado em $P \leq 0,05$.

Resultados

A CCI entre o $VO_{2Máx}$ estimado nas visitas 1 e 2 utilizando a $FC_{predita}$ foi de 0,89, com ETM absoluto de $2,43 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ou o equivalente a 5,0%. Quando a estimativa do $VO_{2Máx}$ foi corrigida pela FC_{pico} , foi observado uma CCI de 0,83 e um ETM absoluto de $2,43 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (4,9%). A $FC_{predita}$ ($194,3 \pm 3,7 \text{ bpm}$) e FC_{pico} ($191,6 \pm 10,6 \text{ bpm}$) não apresentaram diferenças significativas ($p = 0,269$). Por consequência, o $VO_{2Máx}$ também não apresentou diferenças quando estimado pela

$FC_{predita}$ ($48,7 \pm 5,3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e FC_{pico} ($48,2 \pm 6,6 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

A não significância da correlação de Pearson entre a diferença do $VO_{2Máx}$ nos dois testes realizados e a média do $VO_{2Máx}$ entre ambas as visitas sugere uma característica homocedástica para as estimativas utilizando a $FC_{predita}$ ($r = 0,126$, $p = 0,618$) e FC_{pico} ($r = 0,033$, $p = 0,895$). As representações gráficas de Bland-Altman (FIGURA 2) utilizando a $FC_{predita}$ (A) e FC_{pico} (B) confirmam a homocedasticidade dos resultados.

Linhas tracejadas delimitam $\pm 1,96 \text{ DP}$.

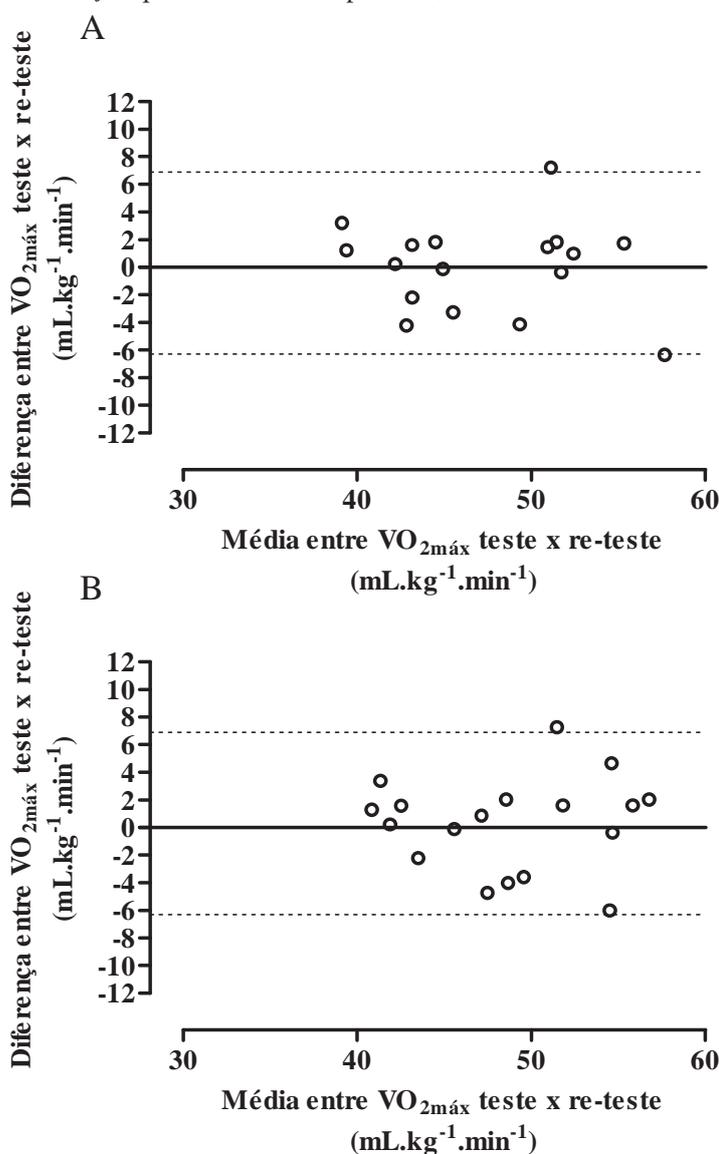


FIGURA 2 - Representação de Bland-Altman da diferença do $VO_{2Máx}$ nos dois testes realizados utilizando a FC máxima prevista (A) e FC máxima observada (B) no teste progressivo máximo.

Discussão

Os achados do presente estudo demonstraram satisfatória reprodutibilidade da estimativa de $VO_{2\text{Máx}}$ para teste e re-teste utilizando tanto a FC_{predita} (CCI = 0,89, ETM = 5,0%), quando a FC_{pico} (CCI = 0,83, ETM = 4,9%). Observou-se secundariamente que a utilização da FC_{predita} quando comparada aos valores estabelecidos pela FC_{pico} , não influenciou a estimativa do $VO_{2\text{Máx}}$.

Vários estudos já reportaram valores de reprodutibilidade da estimativa de $VO_{2\text{Máx}}$ para diferentes modalidades ou testes (CHURCH et al., 2001; MACSWEEN, 2001; FIGUEROA-COLON, HUNTER, MAYO, ALDRIDGE, GORAN & WEINSIER, 2000; SWANK et al., 2001; WALLMAN & CAMPBELL, 2007), contudo, a divergência na análise estatística limitou a comparação com os resultados do presente estudo. CHURCH et al. (2001) compararam o $VO_{2\text{Máx}}$ obtidos em testes de rampa no cicloergômetro realizados em diferentes dias em estratégia submáxima, objetivando alcançar 70% da FC_{predita} . As diferenças entre os dois testes não demonstraram significância estatística ($p = 0,82$), com CV de 9,8%. Já FIGUEROA-COLON et al. (2000) investigando 61 meninas pré-púberes em esteira rolante realizando testes máximos, reportaram um coeficiente de variação de 7,5%, não tendo sido informado o erro absoluto. Destaca-se que a abordagem estatística destes autores difere do ETM utilizado em nosso estudo.

Observou-se no presente estudo CCIs superiores a 0,80 na predição do $VO_{2\text{Máx}}$, tanto para a FC_{predita} (0,89), quando utilizando a FC_{pico} (0,83). Parte desta consistência deve-se à resposta da FC a esforços padronizados e controlados (temperatura, nível de hidratação, uso de estimulantes etc.). LAMBERT e LAMBERT (2009), testando a reprodutibilidade da resposta da FC a um protocolo submáximo escalonado e intermitente de corrida (4 x 2 min a 8,4/9,6/10,8/12 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ por 1 min de recuperação em repouso), observaram um CCI variando de 0,96 a 0,99, (CV = 1,3% a 2,4% para os estímulos e 2,4% a 8,1% para a recuperação) (LAMBERTS, LEMMINK, DURANDT & LAMBERT, 2004). Resultados semelhantes também foram observados para o ciclismo (CV = 0,9% a 3,0% para os estímulos e 1,5% a 9,5% para a recuperação) (LAMBERTS & LAMBERT, 2009). Em complemento, LAMBERTS e LAMBERT, reportam ainda que a variabilidade da FC diminuiu conforme a intensidade do exercício aumentava, observando menor variação entre 85% e 90% da FC predita pela idade.

Com base no exposto acima, observa-se suporte na literatura para o uso da FC como indicador preciso da resposta cardiovascular ao esforço, especialmente em cargas constantes submáximas (LAMBERTS & LAMBERT, 2009). Por consequência, sua utilização em conjunto com as equações metabólicas do ACSM, equações de reserva da FC e $VO_{2\text{Máx}}$, possibilitam uma acessível e confiável estratégia de monitoração longitudinal do $VO_{2\text{Máx}}$. Comparando os resultados encontrados em nosso estudo à reprodutibilidade inter testes da mensuração direta do $VO_{2\text{Máx}}$, observou-se resultados semelhantes, com média de erro entre 4 a 7% (BILLAT, RENOUX, PINOTEAU, PETIT & KORALSZTEIN, 1994; RENOUX, PETIT, BILLAT, & KORALSZTEIN, 2000). Deste modo, nossos resultados parecem indicar que a abordagem baseada no $VO_{2\text{Reserva}}$ possibilita reprodutibilidade compatível com a ergoespirometria, estando seu erro provavelmente associado à variabilidade biológica da medida e não a uma questão metodológica.

Quanto a utilização da $FC_{\text{Máx-predita}}$, mesmo a literatura indicando um erro de predição de ± 11 bpm (ROBERGS & LANDWEHR, 2002), nosso estudo não detectou diferenças significativas entre a estimativa e a medida da $FC_{\text{Máx}}$ para a predição do $VO_{2\text{Máx}}$, refutando nossa segunda hipótese testada. O CCI utilizando a FC_{predita} demonstrou ligeira superioridade (0,89) comparado ao modelo previsto pela FC_{pico} (0,83). Contudo, essa superioridade não se confirmou com a medida do ETM absoluto e relativo para ambas as estratégias. Este resultado suporta a utilização de estratégias preditivas da $FC_{\text{Máx}}$, podendo ser útil para indivíduos com baixa aptidão física ou intolerância a esforços de alta intensidade (ACSM, 2010; NOONAN & DEAN, 2000). No estudo original de validação do método de reserva para estimativa do $VO_{2\text{Máx}}$, destaca-se que SWAIN et al. (2004) também utilizaram a FC_{predita} .

HALL et al. (2004) encontraram mínima diferença entre o $VO_{2\text{Máx}}$ estimado pelas equações do ACSM e o realmente medido, equivalendo a $\approx 1,1 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ($21 \text{ kJ} \div 13 \text{ min} \div 4,2 \text{ kJ por kCal} \div \text{peso corporal} \times 200$ (ACSM, 2010)). Esta diferença é menor do que a sugerida pelas diretrizes do ACSM (7%) (ACSM, 2000). Entretanto, RUIZ e SHERMAN (1999) encontraram uma superestimativa de $4,7 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ na determinação do $VO_{2\text{Máx}}$, utilizando a equação preditiva do ACSM, em um teste progressivo máximo, que nesse caso, não utilizaria um alcance de um estado de equilíbrio metabólico. A análise conjunta

destes dois estudos parece suportar o uso da equação preditiva do ACSM para corrida somente quando

utilizada em condição de estado estável, i.e. com 6 min de duração (SWAIN et al., 2004).

Conclusão

O presente estudo apresenta evidências de que a estimativa do $VO_{2Máx}$ adaptada para a esteira rolante garante adequada reprodutibilidade, tanto pela utilização da $FC_{predita}$, quanto pela FC_{pico} . Não foi observada influência entre a utilização da $FC_{predita}$ e FC_{pico} na estimativa do $VO_{2Máx}$, o que refutou

nossa segunda hipótese de trabalho. Os achados reportados apresentam importante aplicação prática, considerando a possibilidade de não exposição dos sujeitos a esforços máximos para estimativa do $VO_{2Máx}$, especialmente aqueles com baixa aptidão cardiorrespiratória ou enfermos.

Abstract

Reliability of VO_{2Max} estimated in treadmill running by heart rate reserve and power output

The objective was to determine the reliability of the VO_{2Max} estimate on a treadmill using the measured (HR_{peak}) vs. the predicted ($HR_{predicted}$) maximum heart rate (HR). Eighteen men (27.5 ± 7.1 years, 73.7 ± 12.6 kg, 174.8 ± 10.2 cm) performed, in the first visit, a progressive test to determine the HR_{peak} . In the two following visits, submaximal aerobic tests were performed on a treadmill with a 6 min at 75% HR reserve. VO_{2Max} was estimated by means of the equations of HR, VO_2 reserve and the ACSM running equation. The intraclass correlation coefficient and the typical error of measurement using $HR_{predicted}$ and HR_{peak} were 0.89, $2.43 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (5%) and 0.83, $2.43 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (4.9%), respectively. There was no significant difference (t test) between the estimates of VO_{2Max} from the HR_{peak} and $HR_{predicted}$. The use of the $HR_{predicted}$ was considered appropriate for VO_{2Max} estimation, with a small typical error of measurement.

UNITERMS: Heart rate; Exercise test; Performance; Exercise tolerance; Aerobic.

Referências

- ACSM. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, 2000.
- _____. _____. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, 2010.
- ASTRAND, P.O.; RYHMING, I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v.7, n.2, p.218-21, 1954.
- BILLAT, V.; RENOUX, J.C.; PINOTEAU, J.; PETIT, B.; KORALSZTEIN, J.P. Times to exhaustion at 100% of velocity at VO_{2max} and modelling of the time-limit/velocity relationship in elite long-distance runners. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.69, n.3, p.271-3, 1994. (<http://dx.doi.org/10.1007/BF01094801>).
- BORG, G. **Borg's perceived exertion and pain scales**. Champaign: Human Kinetics, 1998.
- CHATTERJEE, S.; CHATTERJEE, P.; BANDYOPADHYAY, A. Validity of Queen's College step test for estimation of maximum oxygen uptake in female students. **Indian Journal of Medical Research**, New Delhi, v.121, n.1, p.32-5, 2005.
- CHURCH, T.S.; KAMPERT, J.B.; WILKINSON, W.J.; DUNN, A.L.; BLAIR, S.N. Evaluating the reproducibility and validity of the Aerobic Adaptation Test. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.33, n.10, p.1770-3, 2001. (<http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200110000-00024>).
- CINK, R.E.; THOMAS, T.; R. Validity of the Astrand-Ryhming nomogram for predicting maximal oxygen intake. **British Journal of Sports Medicine**, London, v.15, n.3, p.182-5, 1981. (<http://dx.doi.org/10.1136/bjism.15.3.182>).

- CUNHA, F.A.D.; FARINATTI, P.D.T.V.; MIDGLEY, A.W. Methodological and practical application issues in exercise prescription using the heart rate reserve and oxygen uptake reserve methods. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v.14, 46-57, 2011. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2010.07.008>).
- DALLECK, L.C.; VELLA, C.A.; KRAVITZ, L.; ROBERGS, R.A. The accuracy of the American College of Sports Medicine metabolic equation for walking at altitude and higher-grade conditions. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.19, n.3, p.534-7, 2005. (<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200508000-00009>).
- FIGUEROA-COLON, R.; HUNTER, G.R.; MAYO, M.S.; ALDRIDGE, R.A.; GORAN, M.I.; WEINSIER, R.L. Reliability of treadmill measures and criteria to determine VO_{2max} in prepubertal girls. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.32, n.4, p.865-9, 2000. (<http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200004000-00021>).
- FITCHETT, M.A. Predictability of VO_{2max} from submaximal cycle ergometer and bench stepping tests. **British Journal of Sports Medicine**, London, v.19, n.2, p.85-8, 1985. (<http://dx.doi.org/10.1136/bjbm.19.2.85>).
- GIBSON, T.M.; HARRISON, M.H.; WELLCOME, R.M. An evaluation of a treadmill work test. **British Journal of Sports Medicine**, London, v.13, n.2, p.6-11, 1979.
- HALL, C.; FIGUEROA, A.; FERNHALL, B.; KANALEY, J.A. Energy expenditure of walking and running: Comparison with prediction equations. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.36, n.12, p.2128-34, 2004. (<http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000147584.87788.0E>).
- HOPKINS, W. **Reliability spreadsheet**. [S.n.t.]:2009. Disponível em: www.sportsci.org/resource/stats/index.html Acesso em: 01 dez. 2010.
- JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. 1978. **The British Journal of Nutrition**, London, v.91, n.1, p.161-8, 2004. (<http://dx.doi.org/10.1079/BJN19780152>).
- LAMBERTS, R.P.; LAMBERT, M.; I. Day-to-day variation in heart rate at different levels of submaximal exertion: Implications for monitoring training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.23, n.3, p.1005-10, 2009. (<http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a2dcde>).
- LAMBERTS, R.P.; LEMMINK, K.A.P.M.; DURANDT, J.J.; LAMBERT, M.I. Variation in heart rate during submaximal exercise: implications for monitoring training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.18, n.3, p.641-5, 2004. ([http://dx.doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<641:VIHRDS>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<641:VIHRDS>2.0.CO;2)).
- MacWEEN, A. The reliability and validity of the Astrand nomogram and linear extrapolation for deriving VO_{2max} from submaximal exercise data. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.41, n.3, p.312-7, 2001.
- NOONAN, V.; DEAN, E. Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. **Physical Therapy**, New York, v.80, n.8, p.782-807, 2000.
- NORTON, K.; OLDS, T. **Anthropometrica**. Sidney: University of New South Wales Press, 1996.
- RENOUX, J.C.; PETIT, B.; BILLAT, V.; KORALSZTEIN, J.P. Calculation of times to exhaustion at 100 and 120% maximal aerobic speed. **Ergonomics**, London, v.43, n.2, p.160-6, 2000. (<http://dx.doi.org/10.1080/001401300184530>).
- ROBERGS, R.A.; LANDWEHR, R. The surprising history of the “ $HR_{max}=220-age$ ” equation. **Journal of Exercise Physiology Online**, Duluth, v.5, n.2, p.1-10, 2002.
- ROSS, W.D.; CARR, R.V.; CARTER, J.E.L. **Anthropometry illustrated**. Toronto: Turnpike Electronic, 1999.
- RUIZ, A.; SHERMAN, N.W. An evaluation of the accuracy of the American College of Sports Medicine metabolic Equation for estimating the oxygen cost of running. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.13, n.3, p.219-23, 1999. ([http://dx.doi.org/10.1519/1533-4287\(1999\)013<0219:AEOTAO>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1519/1533-4287(1999)013<0219:AEOTAO>2.0.CO;2)).
- SANTOS, T.M. **Fatores de potência muscular e desempenho aeróbio a 1 e 10% de inclinação**: aspectos determinantes e suas relações com estímulos concorrentes. 2007. Tese (Doutorado em Atividades Físicas e Desempenho Humano) - Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 2007.
- SIRI, W.E. Body composition from fluid spaces and density. In: BROZEK, J.; HENSCHER, A. (Eds.). **Techniques of measuring body composition**. Washington: National Academy of Science, 1961. p.233-44.
- SWAIN, D.P.; ABERNATHY, K.S.; SMITH, C.S.; LEE, S.J.; BUNN, S.A. Target heart rates for the development of cardiorespiratory fitness. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.26, n.1, p.112-6, 1994. (<http://dx.doi.org/10.1249/00005768-199401000-00019>).
- SWAIN, D.P.; LEUTHOLTZ, B.C.; KING, M.E.; HAAS, L.A.; DAVID BRANCH, J. Relationship between % heart rate reserve and % $VO_{2reserve}$ in treadmill exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.30, n.2, p.318-21, 1998. (<http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199802000-00022>).
- SWAIN, D.P.; PARROTT, J.A.; BENNETT, A.R.; BRANCH, J.D.; DOWLING, E.A. Validation of a new method for estimating VO_{2max} based on $VO_{2reserve}$. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v.36, n.8, p.1421-6, 2004. (<http://dx.doi.org/10.1249/01.MSS.0000135774.28494.19>).

SWANK, A.M.; SERAPIGLIA, L.; FUNK, D.; ADAMS, K.J.; DURHAM, M.; BERNING, J.M. Development of a branching submaximal treadmill test for predicting VO_{2max} . **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v.15, n.3, p.302-8, 2001. (<http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200108000-00007>).

WALLMAN, K.E.; CAMPBELL, L. Test-retest reliability of the Aerobic Power Index submaximal exercise test in an obese population. **Journal of Science and Medicine in Sport**, Belconnen, v.10, n.3, p.141-6, 2007. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.024>).

Agradecimentos

Os autores têm a obrigação de agradecer a Mary Lopes, Yara Cele e Leonardo Ribeiro pelo auxílio na coleta dos dados; e a Bruno Terra pela revisão do manuscrito.

Alberto Souza Sá Filho é financiado pelo CNPq (131248/2009-0) e Tony Meireles dos Santos pela FAPERJ (E-26/110.153/2010 e E-26/190.127/2010).

ENDEREÇO

Tony Meireles dos Santos
Laboratório Performance
Universidade Gama Filho
R. Manoel Vitorino, 553 - Piedade
20748-900 - Rio de Janeiro - RJ - BRASIL
e-mail: tonyms@prohealth.com.br

Recebido para publicação: 18/05/2011

1a. Revisão: 20/09/2011

2a. Revisão: 16/11/2011

Aceito: 18/11/2011