

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTECENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDEPROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
SAÚDE

MODELO MATEMÁTICO PARA PREDIÇÃO DO VO_{2max}
EMCICLOERGÔMETRO BASEADO NA ANÁLISE DOS GASES EXPIRADOS

Rodolfo Alkmim Moreira Nunes

Natal / RN 2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

RODOLFO ALKMIM MOREIRA NUNES

MODELO MATEMÁTICO PARA PREDIÇÃO DO VO_2 máx
EM CICLOERGÔMETRO BASEADO NA ANÁLISE DOS GASES EXPIRADOS

Tese apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências da Saúde pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde. Orientador: Prof. Dr. Aldo da Cunha Medeiros

Natal / RN 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTECENTRO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDEPROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA
SAÚDE

Doutorando: Rodolfo Alkmim Moreira Nunes

Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde:Prof.^a Dr.^a

Tecia Maria de Oliveira Maranhão

RODOLFO ALKMIM MOREIRA NUNES

MODELO MATEMÁTICO PARA PREDIÇÃO DO VO_2 máx
EM CICLOERGÔMETRO BASEADO NA ANÁLISE DOS GASES EXPIRADOS

PRESIDENTE DA BANCA: Prof. Dr. Aldo da Cunha Medeiros.
BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Aldo da Cunha Medeiros (UFRN)

Prof. Dr. Gilmário Ricarte Batista (UFPB)

Prof. Dr^a. Patrícia Froes Meyer (UNP)

Prof. Dr^a. Maria Irany Knackfuss (UFRN)

Prof. Dr. Paulo Moreira Silva Dantas (UFRN)

Aprovado em 10/07/2009.

DEDICATÓRIA

As minhas meninas companheiras de todos os momentos: Marina, Giulliana e Renata.

Aos meus pais Eleonay de Alkmim Moreira Nunes e Joaquim Moreira Nunes pela formação moral e acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Aldo da Cunha Medeiros, que com carinho especial me recebeu como orientando no momento crucial da minha jornada acadêmica. Assim, sua orientação e seus sábios pareceres direcionaram a minha pesquisa para a construção do conhecimento científico.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Jefferson da Silva Novaes pelo companheirismo e generosidade de ter aceitado em colaborar no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores da UFRN, representados em especial pela Prof.^a Dr.^a Maria Irany Knackfuss, pelo exemplo de competência em Ciências da Saúde e em sua acolhida na Universidade, aconselhando, orientando e organizando nossos encontros de estudos e debates na universidade.

Aos meus companheiros de Doutorado, representados em especial pelo Prof. Dr. Rodrigo de Souza Vale, sempre solícitos e generosos durante a jornada.

Ao Prof. Dr. Paulo Moreira Silva Dantas por abrir o caminho dentro da UFRN.

Aos meus companheiros de trabalho da UNESA, representados em especial pelo Prof. Carlos Alberto de Azevedo Ferreira, pela compreensão e presteza.

Aos meus amigos de todas as horas, Bruno Borges da Fonseca, Giovanni da Silva Novaes e Renato Duarte Frade, pela devoção e carinho sempre que houve necessidade.

Aos amigos Magnólia e José Figueiredo pela acolhida na bela cidade de Natal.

A minha família postíça Sheila Cunha, Hermé Novaes e Alberto Cunha pelo carinho e retaguarda nos momentos mais difíceis.

A minha esposa Renata da Cruz Cunha pelo incentivo e dedicação, além da compreensão nos momentos derradeiros do estudo.

EPÍGRAFE

"Há os que se queixam do vento. Os que esperam que ele mude. E os que procuram ajustar as velas."

William G. Ward

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3. ANEXAÇÕES DOS ARTIGOS	21
3.1. Artigo Aceito para Publicação.....	21
3.2 Artigo Submetido.....	40
3. COMENTÁRIOS, CRÍTICAS E SUGESTÕES.....	58
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
5. ABSTRACT.....	68

LISTA DE ABREVIÇÕES, SIGLAS E SÍMBOLOS

VO₂máx: Quantidade máxima de oxigênio captada na circulação sanguínea, utilizada pelos tecidos ativos durante um período específico.

VO₂: Volume de oxigênio consumido p/ minuto.

VCO₂: Volume de dióxido de carbono p/ minuto.

Q: Débito cardíaco.

QR: Quociente respiratório.

ECG: Eletrocardiograma.

IPE: Índice de percepção do esforço.

IMC: Índice de massa corporal.

MC: Massa corporal.

ES: Estatura.

W: Carga de trabalho.

Wmáx: Carga máxima.

FC: Freqüência cardíaca.

FCmáx: Freqüência cardíaca máxima.

VS: Volume sistólico.

MET: Equivalente metabólico.

R: Proporção de troca respiratória.

LV1: Primeiro limiar ventilatório.

LV2: Segundo limiar ventilatório.

FCL1: Freqüência cardíaca no primeiro limiar ventilatório.

FCL2: Freqüência cardíaca no segundo limiar ventilatório.

WCL1: Carga de trabalho no primeiro limiar ventilatório.

WCL2: Carga de trabalho no segundo limiar ventilatório.

ATP: Trifosfato de adenosina

PA: Pressão arterial.

PAS: Pressão arterial sistólica.

EPE: erro padrão de estimativa

VE: Ventilação expirada p/ minuto.

RESUMO

Existem diversas equações para predição do VO_2 máx a partir de variáveis dentro do teste ergométrico em vários ergômetros, no entanto equação semelhante utilizando os limiares ventilatórios na ergoespirometria em teste sub-máximo no cicloergômetro não está disponível. O objetivo do presente estudo foi avaliar a precisão de modelos de predição do VO_2 máx com base em indicadores de esforço sub-máximo. Neste sentido foram testados em protocolo incremental máximo no cicloergômetro 7.877 voluntários, sendo 4640 indivíduos do sexo feminino e 3147 do sexo masculino, todos saudáveis não atletas, com idades acima de 20 anos, divididos randomicamente em dois grupos: A de estimação e B de validação. A partir das variáveis independentes massa corporal (MC) em kg, carga de trabalho no limiar 2 (WL2) e frequência cardíaca no limiar 2 (FCL2) foi possível construir um modelo de regressão linear múltipla para predição do VO_2 máx. Os resultados demonstram que em indivíduos saudáveis não atletas de ambos os sexos é possível prever o VO_2 máx com um erro mínimo (EPE = 1,00%) a partir de indicadores sub-máximos obtidos em teste incremental. O caráter multidisciplinar do trabalho pôde ser caracterizado pelo emprego de técnicas que envolveram pneumologia, educação física, fisiologia e estatística. Palavras-chave: VO_2 máx; predição; cicloergômetro; teste sub-máximo.

1. INTRODUÇÃO

A essência dos exercícios físicos é a aptidão, o vigor, a satisfação e nos esportes se soma à competição. O exercício físico traz como senso comum, as benesses funcionais, psicológicas e até mesmo sociais aos que praticam, por ser o Ser Humano em sua evolução desenvolvido para cinesia. Em contraponto a tal adequação evolucionária depara-se com as doenças do homem moderno que comprometem de maneira significativa a qualidade de vida, estas relacionadas principalmente aos hábitos e estilo de vida.¹⁻⁶

A contribuição do exercício físico à melhoria da saúde, à sensação de bem estar e à qualidade de vida é reconhecida^{1-4,7,8}. Porém, é importante compreender as características individuais, para que se possa orientar de forma efetiva a prescrição da atividade física, a fim de manter bons níveis de saúde de acordo com a idade e o sexo.⁹⁻¹¹

O principal interesse no esporte de alto nível é com o rendimento final. Porém, a preocupação com o condicionamento físico também está presente em atletas recreativos nos clubes, colégios, programas comunitários e academias de ginástica. Para tal, a prescrição e o monitoramento da progressão do programa de exercícios faz-se necessário e dependem de uma série de fatores. Sabe-se que cada um destes pode contribuir para o rendimento em um grau variável.^{12,13}

A presença de oxigênio (O_2) é indispensável na produção de energia orgânica, portanto quanto maior for a capacidade de consumo de oxigênio (VO_2), maior será a energia para enfrentar os processos vitais. A capacidade de realizar exercício de média e longa duração está relacionada ao metabolismo aeróbico e o $VO_{2m\acute{a}x}$ seria o índice mais utilizado.^{14,15}

O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) é determinado pela capacidade do sistema cardiovascular de oferecer oxigênio aos músculos em exercício e pela capacidade deles em usar o oxigênio. É a medida aceita da resistência

cardiopulmonar e é um marcador da aptidão física e condições clínicas.¹⁵

A avaliação cardiorrespiratória nos permite quantificar e direcionar ao trabalho adequadamente, ter informação que indicará se o indivíduo está realmente realizando o exercício na direção correta a fim de alcançar eficazmente as metas propostas^{6,16}. A qualificação desta variável é importante para avaliar o risco cardiovascular, capacidade funcional, rendimento desportivo e prescrição objetiva do exercício físico.¹⁷

O fato de ter acesso aos valores do consumo máximo de oxigênio permite determinar o grau de aptidão física aeróbica geral de um indivíduo com respeito às exigências inerentes da modalidade desportiva deste. Baseado em estudos estatísticos, pode-se traçar um perfil dos praticantes de um esporte ou modalidade na academia de ginástica.⁹

Para tanto, estudos recentes vêm utilizando instrumentação de ponta para identificação dos limiares ventilatórios¹⁸ e utilização destes para validação de equações de predição do $\dot{V} O_2\text{máx}$ em diferentes ergômetros¹⁹⁻²¹. Porém, o estudo atual, além de protocolo diferenciado, abrange o sexo feminino em diferentes faixas etárias, visando preencher uma lacuna da literatura. Com base no exposto, o presente estudo buscou elaborar um modelo matemático para predição do $\dot{V} O_2\text{máx}$ baseado na relação linear com os limiares ventilatórios estimados pela análise dos gases expirados para os indivíduos saudáveis não atletas de diferentes faixas etárias.

Hipótese Substantiva

Hs: O presente estudo antecipou a existência de uma relação direta entre a Frequência Cardíaca e os Limiares Ventilatórios, obtidos na ergoespirometria, sendo esta relação influenciada pelo faixa etária e gênero do indivíduo.

Hipótese Nula

H₀ -Não haveria relação significativa ($p < 0.05$) relação direta entre a

Frequência Cardíaca e os Limiares Ventilatórios, obtidos na ergoespirometria.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O condicionamento cardiorrespiratório está relacionado à capacidade do indivíduo de realizar exercício dinâmico de intensidade moderada a alta, usando grande massa muscular durante períodos relativamente longos, sendo dependente dos sistemas cardiovascular, respiratório, muscular e suas relações fisiológico-metabólicas. A eficiência do sistema cardiorrespiratório pode ser avaliada medindo-se a capacidade aeróbia máxima ($VO_{2m\acute{a}x}$) em um só parâmetro, que permite uma avaliação global deste sistema ao invés de se examinar cada um de seus componentes.¹⁵

O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) é um parâmetro fisiológico que expressa a quantidade de oxigênio que consome ou usa o organismo. A medição direta ou a estimativa indireta deste parâmetro nos permite quantificar o metabolismo de energia, desde que o oxigênio seja usado como comburente nas combustões que acontecem a nível celular e que eles permitem a transformação da energia química (isso reside nos princípios imediatos nutricionais, hidratos de carbono, lipídeos, proteínas) em energia mecânica (contração muscular).^{16,22,23}

O consumo de oxigênio representa a quantidade de oxigênio utilizado pelo organismo no intervalo de um minuto. A presença de oxigênio (O_2) é indispensável na produção de energia orgânica, portanto quanto maior for a capacidade de consumo de oxigênio (VO_2), maior será a energia para enfrentar os processos vitais. A captação de oxigênio aumenta de forma linear durante o exercício progressivo até que o $VO_{2m\acute{a}x}$ seja atingido.²⁴

A resposta da FC ao exercício dinâmico guarda uma proporção direta com a intensidade do esforço e serve como base para a construção dos principais modelos matemáticos de predição do consumo máximo de oxigênio e para a

prescrição individualizada das atividades aeróbicas.²⁵

Sendo que a FC é expressa em termos de intensidade relativa ao esforço, ou seja, percentual do VO_2 máx., os valores percentuais em relação ao esforço máximo, seguem os mesmos parâmetros de linearidade, tanto da FC máx quanto do VO_2 máx. Entretanto, os valores numéricos entre a FC e o VO_2 devem ser vistos de maneira diferenciada, pois os patamares iniciais da curva do VO_2 são menores e a inclinação mais acentuada para atingir o mesmo ponto final em 100%.¹⁶

Na realidade o VO_2 máx depende essencialmente do débito cardíaco máximo e da diferença artério-venosa máxima. O Q que é o produto da FC e do VS, vai nos informar quanto de sangue estará transportando oxigênio a partir do coração por minuto, sendo essencial na verificação do VO_2 máx. Durante o exercício intenso o Q pode aumentar cerca de quatro vezes em relação aos níveis de repouso no indivíduo sedentário e até oito vezes em atleta de esporte de resistência. A FC no sedentário tende a ser um pouco maior que no atleta, porém o VS muito maior no atleta do que no sedentário saudável da mesma faixa etária faz conseqüentemente o Q ser superior.⁶

Considera-se que o indivíduo se encontra em estado de equilíbrio quando a FC se mantém dentro de uma variabilidade igual ou menor a 4 bpm, reflete o ponto onde a oferta e a demanda são iguais, isto ocorre, em certos protocolos sub-máximos que utilizam estágios maiores, entre 4 e 6 minutos, havendo uma estabilização cardíaca no final do estágio ou do teste, que representa a situação onde as respostas do organismo ao exercício atingiram um certo nível, que não será modificado pela continuação do exercício na mesma intensidade. Por outro lado, protocolos de teste de esforço progressivos graduados com pequena duração em cada nível (1 a 2 minutos) ou progressivos contínuos, registram aumento quase que contínuo da FC durante

o teste.²⁶

A utilização de um teste de esforço no qual se consiga determinar o consumo de oxigênio e a eliminação do dióxido de carbono diretamente, reflete, em última análise, a integridade dos sistemas cardiovascular e pulmonar em manter o processo de respiração celular bem como suas adaptações durante a realização de um exercício.²⁷

Considera-se que o teste ergoespirométrico, basicamente, tem a função de determinar o condicionamento cardiorrespiratório através da análise criteriosa dos parâmetros ventilatórios e metabólicos envolvidos, permitindo a quantificação do consumo de O₂ (VO₂), produção de CO₂ (VCO₂), ventilação pulmonar (VE) e frequência cardíaca (FC) e sendo de grande utilidade na obtenção dos índices de limitação funcional mais empregados que são o VO₂máx e os limiares ventilatórios 1 e 2 (LV1 e LV2).²⁸

O aumento sucessivo na intensidade de esforço em condições ainda predominantemente aeróbicas aumenta a concentração de H⁺ no citosol muscular em consequência da hidrólise acentuada de ATP, aumentando a participação da enzima lactato desidrogenase, que catalisa a redução do piruvato à lactato como via de tamponamento de H⁺. Por sua vez, os H⁺ que saem com lactato são tamponados no plasma pelo HCO₃⁻ e pelos tampões extracelulares. Esta reação em conjunto com o tamponamento de H⁺ intramuscular pelo íon HCO₃⁻ produzem uma quantidade extra de CO₂ que se soma ao CO₂ produzido no ciclo de Krebs pela via aeróbica.¹⁸

Este ponto marcado pelo aumento abrupto na concentração de CO₂ em relação ao consumo de O₂ é chamado de LV1. Este é detectável através da quebra de linearidade da curva de VCO₂ versus VO₂ pelo método chamado de V-Slope. Tal fenômeno ocorre em torno de 70% do VO₂máx e 80% da

Com o aumento contínuo e progressivo na intensidade do esforço, o metabolismo anaeróbico láctico passa a contribuir cada vez mais para a formação de ATP e a manutenção do pH sanguíneo via tamponamento pelo HCO_3^- . Contudo, este tamponamento não é mais suficiente para segurar o aumento da lactacidemia. A acidose é prontamente detectada, gerando como resposta um aumento na VE pelos centros respiratórios, iniciando a hiperventilação. Este ponto é visualizado na quebra de linearidade na curva da VE versus VCO_2 pelo método V-Slope e chamado de ponto de compensação respiratória ou LV2, podendo ser detectado próximo de 85% do $\text{VO}_2\text{máx}$ e 90% da FCmáx.^{18,28}

Os indivíduos tanto ativos quanto sedentários têm um declínio aptidão aeróbica influenciado pelas várias reduções homeostáticas centrais ou periféricas do sistema cardiorrespiratório associadas ao transporte à utilização do O_2 relacionadas ao aumento da idade cronológica.¹⁰

Para que se possa entender a contribuição dos mecanismos centrais e periféricos no mecanismo fisiopatológico da insuficiência cardíaca congestiva (ICC). Foi realizado estudo com quatorze pacientes com ICC e analisaram a correlação entre a potência circulatória (PAS de pico multiplicada pelo VO_2 de pico) e as variáveis derivadas da cinética de recuperação do VO_2 após a ergoespirometria. Observaram a boa correlação para que a influência seja central, porém é possível que mecanismos periféricos ainda não totalmente elucidados que estejam associados a este prognóstico.³¹

O $\text{VO}_2\text{máx}$ é comumente interpretado como o limite funcional do sistema cardiovascular e como um índice de aptidão cardiorrespiratória, possibilitando verificar o efeito do treinamento, destreinamento e a exposição a altitude.¹²

A queda do rendimento em corrida de longa distância na altitude está

relacionada com a diminuição da potência aeróbica máxima. O VO_2 máx diminui de modo linear com a elevação da altitude: 12% a 2400 metros, 20% a 3100 metros, 25% a 4000 metros.¹

Aproximadamente 85% do fluxo sanguíneo na demanda do débito cardíaco durante o exercício é utilizado pelo músculo esquelético, indicando claramente a inter-relação entre o sistema cardiovascular (oferta de O_2) que está diretamente ligado a limitação central e músculo esquelético (demanda de O_2), que se relaciona como limitação periférica, que foi confirmado em outros estudos por Hepple³² e Harms³³.

Os valores médios de VO_2 máx de ambos os sexos são semelhantes até a puberdade. Após a puberdade o VO_2 máx relativo ($mlO_2/kg/min$) para mulheres são aproximadamente 10 a 20 % menores do que nos homens de idade e aptidão física comparáveis, principalmente devido ao maior percentual médio de gordura e menor concentração de hemoglobina no sexo feminino.³⁴

A importância da genética na determinação dos valores absolutos do VO_2 máx tem sido estudada pela comparação de irmãos gêmeos univitelinos (monozigóticos) e bivitelinos (dizigóticos). Os univitelinos possuem valores do VO_2 máx muito similares, enquanto que para os bivitelinos a variabilidade de valores é maior. Os autores chegaram a expressar que os fatores genéticos estariam envolvidos de 25% a 50% na variações do VO_2 máx.³⁵

Os níveis de VO_2 máx elevados dos atletas de elite nos esportes de resistência são atribuídos em cerca de 40% ou mais a variabilidade genética. Porém, independente do potencial genético, o treinamento aeróbico consistente pode alterar o VO_2 máx em cerca de 50%.^{9,35}

3. ANEXAÇÕES DOS ARTIGOS

3.1. Artigo Aceito para Publicação:

Prediction of VO₂max During Cycle Ergometry Based on Submaximal Ventilatory Indicators -VO₂max Cycle Ergometry by Submaximal Indicators. Journal of Strength & Conditioning Research, R-30608.

PREDICTION OF VO₂MAX DURING CYCLE ERGOMETRY BASED ON SUBMAXIMAL VENTILATORY INDICATORS

VO₂MAX CYCLE ERGOMETRY BY SUBMAXIMAL INDICATORS

Rodolfo Alkmim Moreira Nunes¹

Rodrigo Gomes de Souza Vale¹

Roberto Simão²

Belmiro Freitas de Salles³

Matthew R. Rhea⁴

Victor Machado Reis⁵

Jefferson da Silva Novaes²

Aldo da Cunha Medeiros¹

1 Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal – Brazil

2 Universidade Federal do Rio de Janeiro – School of Physical Education and Sports. Rio de Janeiro – Brazil

3 Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – Brazil

4 Human Movement Program, AT Still University – Arizona – USA

5 Universidade Trás-os-Montes Alto Douro – Vila Real – Portugal

ABSTRACT

There are several equations to predict VO₂max from ergometric test variables on different ergometers. However, a similar equation using ventilatory thresholds of

ergospirometry in a submaximal test on a cycle ergometer is unavailable. The aim of the present study was to assess the accuracy of VO₂max prediction models based on indicators of submaximal effort. Accordingly, 4,640 healthy, non-athlete, women ages 20 years and older volunteered to be tested on a cycle-ergometer using a maximum incremental protocol. The subjects were randomly assigned to two groups: group A (estimation) and group B (validation). From the independent variables of weight in kg, the second workload threshold (WT2) and heart rate of the second threshold (HRT2), it was possible to build a multiple linear regression model to predict maximal oxygen consumption ($VO_{2max} = 40.302 - 0.497 (\text{Weight}) - 0.001 (\text{HRT2}) + 0.239 (\text{WT2})$ in mlO₂/kg/min⁻¹; $r = 0.995$ and $SEE = 0.68$ mlO₂/Kg/min⁻¹). The cross-validation method was used in group B with group A serving as the basis for building the model and the validation dataset. The results showed that, in healthy non-athlete women, it is possible to predict VO₂max with a minimum of error ($SEE = 1.00\%$) from submaximal indicators obtained in an incremental test.

KEYWORDS: VO₂max; prediction; cycle-ergometer; submaximal test.

INTRODUCTION

Since the beginning of the last century, maximum oxygen consumption (VO₂max) has been related to physiological responses during exercise. This index has been the most widely used to measure the capacity to perform mid-and long-duration exercise associated with aerobic metabolism (6,16,20).

Maximal effort tests on a cycle ergometer, along with the analysis of exhaled gases, enable the quantification of oxygen (O₂) consumption, carbon dioxide (CO₂)

production, pulmonary ventilation (VE) and heart rate (HR). Ventilatory thresholds have been one of the most commonly used methods to detect aerobic aptitude and sport performance levels. In general, it is possible to identify two metabolic transition zones, called first and second ventilatory thresholds (VT1 and VT2) (15). The use of ventilatory variables as markers is based on the cause and effect relationship between the increase in blood lactate concentration (LA) and the increment in VE during progressive exercises. With a progressive increase in intensity more ATP is produced and the maintenance of pH via HCO₃ buffer starts to fail. The drop in blood pH is promptly detected, generating an increase in VE in the respiratory centers, signaling the onset of hyperventilation (9). When the 2nd break in linearity of the VE curve occurs and the point of continuous rise of the curve with a break in linearity in VE/VCO₂, the respiratory compensation point or the 2nd ventilatory threshold (VT2) can be seen. The continuous increase in exercise intensity after VT2 up to maximal effort, reaching the plateau of the curve, is called VO₂max (3,7).

Having access to maximum oxygen consumption values (VO₂max) allows us to determine the degree of general aerobic physical aptitude of an individual. This occurs as a function of the demands inherent in the sport practiced by the athlete, based on a profile derived from statistical studies, which characterize other individuals that engage in the same sport or gym activity (23). The quantification of this variable is important, since it allows us to assess cardiovascular risk, functional capacity, sport performance and an objective prescription of physical exercise (5). Assessing physical capacity allows us to quantify and guide exercise appropriately ensuring that exercise intensities are sufficient to elicit the needed or desired improvement in cardiovascular fitness. Thus, VO₂max is an important variable related to performance and productivity in human beings.

Recent studies have used the most up-to-date instruments to identify ventilatory thresholds (21) and to validate VO_2max prediction equations on different ergometers (1,4,8,17,28). However, the present study, in addition to utilizing a different protocol, includes women from several age ranges, in order to fill a gap in the literature. There are various equations to predict VO_2max from tests variables on different ergometers. However, a similar equation using ventilatory thresholds of ergoespirometry in a submaximal test on cycle ergometer is unavailable. The primary purpose of this study was to develop an accurate to multiple regression equation to estimate VO_2max in healthy non-athlete women from an individualized submaximal cycle ergometer protocol. The secondary purpose of this study was using a cross validation design to multiple regression equation to estimate VO_2max from submaximal cycle ergometer test.

METHODS

Experimental Approach to the Problem

This study employed a cross-sectional, validation procedure where subjects were randomly assigned to one of two groups. Maximal exercise tests were completed and then analyzed for the creation of potential predictive variables. Prediction equations were based off data acquired from one group and then validated by data from the second group. Sub-maximal variables were monitored and recorded during a maximal stress test conducted on a cycle-ergometer. Regression analysis was then used to determine the suitability of the use of sub-maximal variables to predict maximal oxygen consumption. The use of maximal exercise testing, conducted through the use of advanced physiological monitoring devices and laboratory environments, followed by the use of regression analysis, as conducted in this study provided an effective method for examining potential

sub-maximal predictors of maximal fitness.

Subjects

This cross-sectional study was conducted with a sample of 4,640 healthy non-athlete women selected from a databank of stress tests at the Physiology of Exercise Laboratory in Brazil over 40 months between 2005 and 2008. Subjects were divided into the following age groups: 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69 and over 70 years. Mean descriptive data for the group of subjects include: age: 35.88 ± 11.16 years, height

$1.63 \text{ m} \pm 0.05$, weight $58.44 \text{ kg} \pm 5.45$. Subjects were randomly subdivided into group A (estimation) (36.61 ± 9.65 years, $1.63 \text{ m} \pm 0.05$, $59.28 \pm 5.63 \text{ kg}$, $22.25 \pm 2.31 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$), with $n = 3480$ and group B (validation) (35.88 ± 11.16 years, $1.63 \text{ m} \pm 0.05$, $58.44 \pm$

5.45 kg , $21.98 \pm 2.34 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$), with $n = 1160$.

16 **TABLE 1.** Characteristics of the sample, divided by age group, for the estimation (A) and validation (B) groups.

TABLE 1. Characteristics of the sample, divided by age group, for the estimation (A) and validation (B) groups.

Age group	Group	n	Age	Weight	Height	BMI
20-29	A	985	27.55 ± 2.88	57.40 ± 6.18	1.64 ± 0.04	21.23 ± 2.27
	B	330	24.24 ± 0.90	56.70 ± 5.46	1.65 ± 0.04	20.76 ± 1.99
30-39	A	1448	35.53 ± 3.11	58.20 ± 5.15	1.64 ± 0.05	21.74 ± 1.91
	B	480	33.99 ± 0.72	57.90 ± 5.15	1.64 ± 0.05	21.44 ± 2.05
40-49	A	648	44.82 ± 2.98	60.00 ± 5.69	1.63 ± 0.05	22.83 ± 2.39
	B	220	43.11 ± 0.78	57.80 ± 5.79	1.63 ± 0.05	21.76 ± 2.37
50-59	A	307	52.39 ± 2.21	61.80 ± 4.73	1.62 ± 0.05	23.82 ± 2.41
	B	100	57.76 ± 0.91	61.80 ± 4.57	1.58 ± 0.05	24.56 ± 2.07
60-69	A	76	62.33 ± 1.83	64.80 ± 4.48	1.61 ± 0.04	24.90 ± 2.11
	B	25	66.90 ± 10.18	61.60 ± 9.28	1.56 ± 0.22	24.89 ± 3.92
>70	A	16	71.75 ± 1.51	63.30 ± 3.41	1.54 ± 0.04	26.42 ± 1.61
	B	5	74.75 ± 0.99	63.40 ± 5.31	1.58 ± 0.02	25.40 ± 2.00

*Values expressed as mean and standard deviation with $p < 0.05$; A = estimation group;

B = validation group; n= sample size; BMI= body mass index.

To be included, candidates were required to undergo a clinical examination, performed by a doctor specialized in sports medicine, consisting of: the determination of risk factors and exclusion criteria; physical examination with cardiac evaluation, pulmonary examination and the measure of heart rate at rest; resting blood pressure and analysis of resting electrocardiogram. The inclusion criteria were: healthy women, non-athlete women over the age of 20 years. The exclusion criteria were: women with cardiovascular, respiratory or endocrine-metabolic diseases, those with muscular-skeletal anomalies or who used performance-altering medication, pregnant women and those who were unable to adapt to the ergometer. Thus, the subjects were apparently healthy and were accustomed to exercise.

The subjects were instructed not to engage in strenuous activities on the day before the examination, to attempt to ensure at least eight hours of sleep, and not to consume food or caffeine in the two hours prior to the test. Before undergoing the stress test, each participant was informed verbally and in writing about the procedures and the risks and benefits of the study. The subjects were informed of the experimental risks and signed an informed consent prior to the investigation, which was approved by the Institutional Review Board for use of human subjects.

Procedures

Anthropometric values of weight (kilograms) and of height (meters) were determined. Each individual remained standing and barefoot on the digital scale (Welmy, S^{ta} Bárbara, Brazil), dressed only in swimwear and keeping as motionless as possible. The scale cursor was moved manually until equilibrium was reached. Weight was recorded in kilograms (to the nearest 100 grams). Height was measured during breath holding after a deep inspiration (to the nearest 0.1 cm), observing the distance between the sole of the feet and the highest point on the head (vertex).

For the ergometric test, a continuous incremental protocol on a cycle-ergometer (Model EC -1600, Cateye Ergociser, Osaka, Japan) was used, with the subject maintaining a cadence of 60 rpm. The subjects completed a two minute warm-up consisting of pedaling without load so that they could adapt to the ergometer for the first minute and pedaling with a 0.5 kg.m load during the second minute. At this point the test itself was initiated with 0.8 kg.m load and increments of 0.2 kg.m/min until voluntary exhaustion was reached. Therefore, initial load in the 1st minute was 48 W (60 rpm x 0.8 kg.m), with 12 W/min increments continuously added until maximal effort.

Exhaled gases were measured continuously by an Aerosport VO₂₀₀₀ analyzer (Medgraphics, St. Paul, Minnesota, USA), in which the gas samples were collected and measured every 10s during the test. The analysis was conducted using oxygen and carbon dioxide detectors. The respiratory exchange ratio, volume of oxygen consumed per minute (VO₂) and volume of carbon dioxide produced per minute (VCO₂) were standardized and calculated directly by the device. The equipment was calibrated before each examination. The 2nd ventilatory threshold (VT₂) was determined using the V-Slope method by visual inspection of the 2nd break in linearity of the VE curve and/or at the point of continuous rise of the curve with a break in linearity in VE/VCO₂ (13,22,25). Electrocardiogram tracing (ELITE software, Micromed Biotechnology, Brasilia, Brazil) was used to determine heart rate at the 2nd ventilatory threshold (HRT₂) and maximum heart rate (HR_{max}) at the end of the ergometric test. At the point of greatest intensity, maximum load (W_{max}) and VO_{2max} were defined.

Reliability for the ergometric test was shown with the use of this protocol. Forty subjects of the sample, selected random, were tested on occasions separated by 48 hours and showed intraclass coefficient of 0.92. Paired-samples t-Student test was performed and did not demonstrate any significant difference ($p < 0.05$) between ergometric tests on separate testing occasions.

Statistical Analyses

The data were expressed as mean, standard deviation and minimum and maximum values. The Kolmogorov-Smirnov test was used to observe the normal distribution curve. Multiple linear regression was used to develop a VO_{2max} prediction equation, with the cutoff criterion of the independent variables for a minimum coefficient of determination R² of 0.80. Pearson's correlation coefficient (r)

was used to analyze the relationship between observed and predicted VO₂max. The reliability of the regression model was expressed by the standard error of the estimate (SEE) (14,18).

The forward stepwise method was used to build the mathematical prediction model in terms of selecting the predictor variables inserted into the model (10,12). The cross-validation method was followed, using group A (sample = 3480) as the basis for building the model and group B (sample = 1160) as its validation dataset. The significance level was set at $p \leq 0.05$.

RESULTS

A regression equation using the predictor variables of weight and the second workload threshold (WT2) demonstrated the following R and expected error values for the estimated VO₂max equations: $R = 0.995$, $R^2 = 0.99$, adjusted $R^2 = 0.99$ and $SEE = 0.67767$. A similar result was found in group B with $R = 0.995$, $R^2 = 0.989$, adjusted $R^2 = 0.989$ and $SEE = 0.68471$. Using the forward stepwise method, several equation models and their respective predictors were identified (Table 2).

TABLE 2. Equation models with predictors variables for VO₂max estimation.

Model	Equation for VO ₂ max estimation	r	R ²	SEE
1	10.082 + 0.247 (WT2)	0.907	0.803	2.85272
2	40.087 - 0.496 (Weight) + 0.238 (WT2)	0.995	0.990	0.68168
3	40.302 - 0.497 (Weight) - 0.001 (HRT2) + 0.239 (WT2)	0.995	0.990	0.68137

WT2 = 2nd workload threshold; HRT2 = heart rate 2nd threshold; VO₂max =ml/kg/min⁻¹

The VO₂max results observed and estimated in the estimation (A) and validation groups showed a comparable distribution pattern and very similar median values (figure 1).

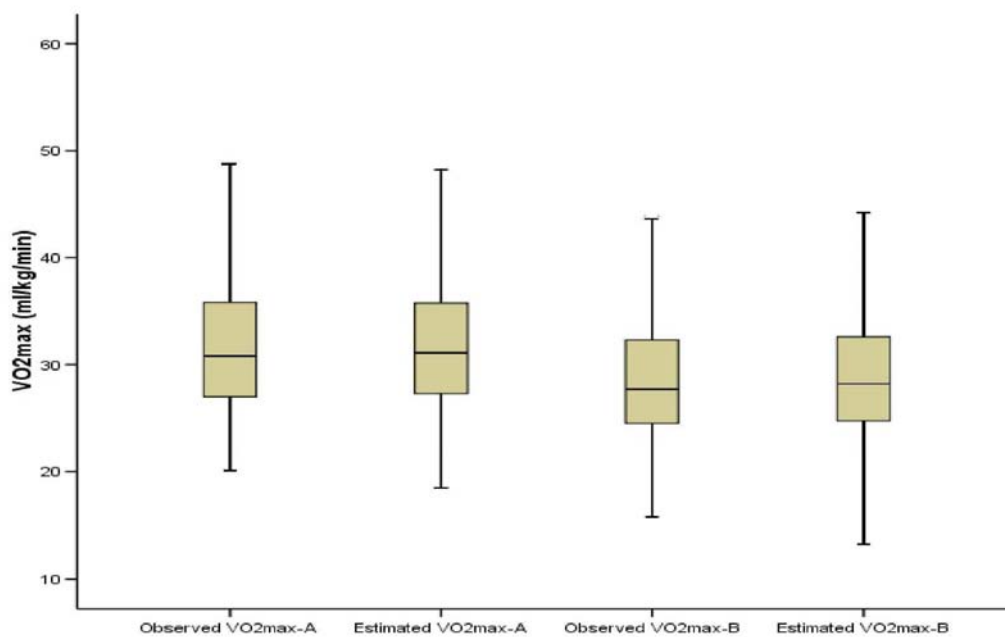


FIGURE 1. Observed and estimated VO₂max of the estimation (A) and validation (B) groups

Table 3 shows Pearson's correlation results between estimated VO₂max between the observed and estimated VO₂max in the validation (B) and estimation

(A) groups. A significant high coefficient correlation ($r = 0.995$; $p = 0.000$) was found.

TABLE 3. Cross validation of the equation model for $VO_2\text{max}$ estimation.

Group	Observed $VO_2\text{max}$	Estimated $VO_2\text{max}$	Difference	r
A	29.1715 ± 6.7823	29.1713 ± 6.7480	0.0001 ± 0.6804	0.995
B	28.9589 ± 6.6670	29.0729 ± 6.5620	0.1140 ± 0.6868	0.995

A = estimation group; B = validation group; $VO_2\text{max} = \text{ml/kg/min}$; $p < 0.05$.

The combination of the observed and estimated $VO_2\text{max}$ results in the validation group (B) showed symmetry and parallelism between both results. This finding shows the significance of the collinear relationship between the two samples (figure 2).

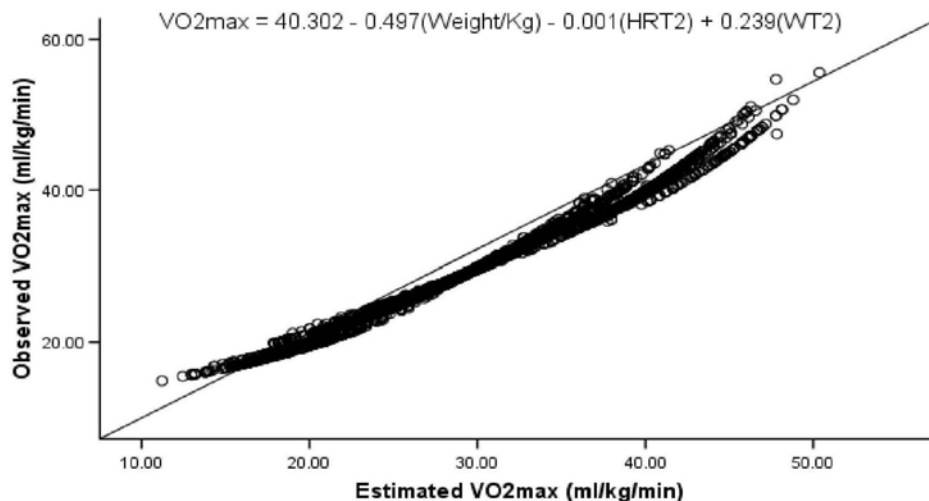


FIGURE 2. Linear regression between observed and estimated $VO_2\text{max}$ in the validation group (B).

DISCUSSION

Studies aimed at estimating $VO_2\text{max}$ without the performance of exercise

have been conducted with results demonstrating that through regression equations based on independent variables assessed through questionnaires, instead of the stress test, an individuals' level of physical conditioning can be identified (24,29). The present study shows a similarity in the number of variables and the choice of anthropometric data such as weight, percentage fat and body mass index to accomplish such a prediction.

There are a number of equations that use body-weight as an independent variable to predict VO_2 . On the cycle-ergometer the weight applies to the simple work of moving the pedals. The subtraction (-0.4965) of the weight value of this study is employed by the positive influence above the mechanical resistance of the pedals in the prediction variables of VO_2 max. Therefore, the larger the weight, mainly of the lower limbs, the greater the mechanical efficiency with the work load; thus, heart rate (HR) is reduced for the same load and consequently the absolute VO_2 (lO_2/min^{-1}) is higher. The most widely used independent variable in cycle-ergometer protocols is the addition (+0.238506) of the body-weight value to the workload (11,19,29).

In a study validated by the University of Bloomberg (17), regression found for VO_2 max of 60 women on cycle-ergometer with 10 W increments for each 2 minutes was equal to $23.461 - (0.272 \times \text{Weight}) + (0.403 \times W)$, with $R^2 = 0.82$ and $SEE = 2.79$. The present study used increments of 12 W/min on the cycle-ergometer for lower limbs, with the size of the sample much larger and a comparatively lower error (17).

Similar to the present study, which found significant r values with a different protocol (12 W/min), Storer et al. (27), conducted tests in 116 healthy women volunteers, using maximum work load (W_{max}), weight and age as protocol variables with the addition of 15 W/min and obtained the equation: $[(9.39 \times W) +$

(7.7 x Weight)

– (5.88 x age) + 136.7] / Weight (R= 0.93; SEE = 147.0). The study was a precursor to the cycle-ergometer ramp protocol using gradual load increments that favor the results found in both tests (27).

Akalan et al. (1) used heart rate reserve (HRR) in their methodology to predict VO₂max criteria, such as load (W) increase, respiratory exchange ratio of 1:1 in ergospirometry and HR of 15 bpm above predicted HRmax. In this study, three subsequent cycle-ergometer tests were performed. The 1st consisted of a submaximal test with 4-minute stages, initiating with 25 W at a cadence of 50 rpm, with HR stabilized between 110 and 150 bpm. After a 15 minute rest, the subjects underwent a second submaximal cycle-ergometer test for 2 minutes without resistance, depending on the previous test, with load increments between 15 and 45 W/min until 80% of estimated HRmax was reached. Finally, after another 15-minute rest period, the maximal test was applied, using increments similar to those of the previous test, at a cadence of 70 rpm. The simplicity of the methodology in the present study facilitates its subsequent reproduction (1). The following multiple regression model

was created:

46.103 + (– 0.353 x Weight) + (0.683 x W/min) + (-5.995 x sex) + (0.165 x delta HRR)

+ (2.816 x HRR K) + (0.0138 x LO-PAR) + 4.234 with R² = 0.867 and SEE= 4.23 mlO₂/Kg/min⁻¹.

Finding a submaximal HR to develop simple linear regressions, based on the Astrand monogram (2), to predict maximal exercise workload has been the most widely used technique since the middle of the last century (2,26). The innovation of the present study is the use of the point of ventilatory compensation or second threshold (T2). Once the, determination of the HR value at this point and the subtracting of the value (-0.00141) from HRT2, a linear parameter can be used to

estimate VO_2max in the main submaximal equations for cycle ergometry. The ability to predict maximal oxygen consumption from sub-maximal loads can be very helpful when working with elderly women. In order to avoid the risk of a negative cardiovascular event and the discomfort of maximal testing, exercise professionals can employ a submaximal test as described in the current protocol, terminating the test after the identification of the second threshold. Then, through the use of the identified equation, maximal capacity can be predicted and evaluated accurately.

PRACTICAL APPLICATIONS

The current data suggest that the use of the submaximal protocol in cycle-ergometer with an increment of 12 W/min enables the determination of VO_2max with fewer risks and discomfort to clients. By using this sub-maximal prediction equation, a progressive exercise stress test can be terminated prior to the extreme stress of the final stages/minutes of a maximal stress test. Yet, the equation offers an accurate prediction of measures that would be achieved if a test were continued to complete exhaustion. Exercise professionals can use this method to achieve fitness testing outcomes without adding undue risk associated with maximal exertion tests. By removing these risks, without hampering the accuracy of the results, risk of negative complications of cardiovascular exercise testing can be decreased making such testing more appropriate and viable in many fitness settings.

REFERENCES

- 1 Akalan, C, Robergs, RA, and Kravitz, L. Prediction of VO_2max from an individualized submaximal cycle ergometer protocol. *JEP online* 11: 1-17, 2008.
- 2 Astrand, PO, and Rhymin, I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol* 7: 218-221, 1954.
- 3 Battista, RA, Foster, C, Andrew, J, Wright, G, Lucia, A, and Porcari, JP.

Physiologic responses during indoor cycling. *J Strength Cond Res* 22: 1236-1241, 2008.

4 Billinger, SA, Loudon, JK, and Gajewski, BJ. Validity of a total body recumbent stepper exercise test to assess a cardiorespiratory fitness. *J Strength Cond Res* 22: 1556-1562, 2008.

5 Davis, JA, Storer, TW, Caiozzo, VJ, and Pham, PH. Lower reference limit for maximal oxygen uptake in men and women. *Clin Phys Funct Imaging* 22: 332-338, 2002.

6 Fletcher, GF, Balady, GJ, Amsterdam, EA, Chaitman, B, Eckel, R, Fleg, J, Froelicher, VF, Leon, AS, Piña, IL, Rodney, R, Simons-Morton, DA, Williams, MA, and Bazzarre, T. Exercise standards for testing and training. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 104: 1694-1740, 2001.

7 Gaesser, GA, and Poole, DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exer Sport Sci Rev* 24: 35-71, 1996.

8 George, JD, Bradshaw, DI, Hyde, A, Vehrs, PR, Hager, RL, and Yanowitz, FG. A maximal graded exercise test to accurately predict $\dot{V}O_{2\max}$ in 18-65 year old adults. *Measurement in Education and Exercise Science* 11: 149-160, 2007.

9 Hendriksen, IJ, Zuiderveld, B, Kemper, HC, and Bezemer, PD. Effect of commuter cycling on physical performance of male and female employees. *Med Sci Sports Exerc* 32: 504-510, 2000.

10 Hermiston, R, and Faulkner, JA. Prediction of maximal oxygen uptake by a step-wise regression technique. *J Appl Physiol* 30: 833-837, 1971.

11 Jones, NJ, Makrides, L, Hitchcock, C, Chypchar, T, and McCartney, N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Resp Disease* 131: 700-708, 1985.

12 Lockwood, PA, Yoder, JE, and Deuster, PA. Comparison and cross validation of cycle ergometry estimates of $\dot{V}O_{2\max}$. *Med Sci Sports Exerc* 29: 1513-1520, 1997.

13 Lourenço, TF, Tessutti, LS, Martins, LEB, Brenzikofer, R, and Macedo, DV. Metabolic interpretation of ventilatory parameters during maximal effort test and their applicability to sports. *Brazilian J Kinanthrop Human Perfor* 9: 303-310, 2007.

14 Malek, MH, Berger, DE, Housh, TJ, Coburn, JW, and Beck, TW. Validity of $\dot{V}O_{2\max}$ equations for aerobically trained males and females. *Med Sci Sports Exerc* 36: 1427-1432, 2004.

15 Malek, MH, Housh, TJ, Coburn, JW, Schmidt, RJ, and Beck, TW. Cross-Validation of ventilatory threshold prediction equations on aerobically trained men and women. *J Strength Cond Res* 21: 29-33, 2007.

16 Matsudo, SM, Matsudo, VR, Andrade, DR, Araújo, TL, Andrade, E, Oliveira, L, and Braggion, G. Physical activity promotion: Experiences and evaluation of the ecological mobile model. *J Phys Activ Health* 1: 81-97, 2004.

17 Mookerjee, S, Surmacz, C, Till, M, and Weller, B. Validation of an equation for predicting energy cost of arm ergometry in women. *Eur J Appl Physiol* 95: 115-120, 2005.

18 Okano, AH, Altimari, LR, Simões, HG, Moraes, AC, Nakamura, FY, Cyrino, ES, and Burini, RC. Comparison between anaerobic threshold determined by ventilatory variables and blood lactate response in cyclists. *Braz J Sport Med* 12: 39-44, 2006.

19 Patton, JF, Vogel, JA, and Mello, RP. Evaluation of a predictive cycle ergometer test of aerobic power. *Eur J Physiol* 49: 131-140, 1982.

20 Piña, I, Apstein, C, Balady, G, Belardinelli, R, Chaitman, B, Duscha, B, Fletcher, BJ, Fleg, JL, Myers, JN, and Sullivan, MJ. Exercise and heart failure: A statement from the American Heart Association Committee on Exercise

Rehabilitation and Prevention. AHA. *Circulation* 107: 1210-1225, 2003.

21 Pires, FO, Lima-Silva, AE, and Oliveira, FR. Differences among variables of determination of ventilatory thresholds. *Braz J Kinesiol Human Perform* 7: 20-28, 2005.

22 Ribeiro, JP. Metabolic and ventilatory thresholds during exercise. Physiological and methodological aspects. *Arq Bras Cardiol* 64: 171-181, 1995.

23 Rondon, MUPB, Forjaz, CLM, Nunes, N, Amaral, SL, Barretto, ACP, and Negrão, CE. Comparison between the prescription of physical training intensity based on the standard ergometric test and on the ergospirometric test. *Arq Bras Cardiol* 70: 159-166, 1998.

24 Sanada, K, Midorikawa, T, Yasuda, T, Kearns, CF, and Abe, T. Development of non-exercise prediction models of maximal oxygen uptake in healthy Japanese young men. *Eur J Appl Physiol* 99: 143-148, 2007.

25 Schngider, DA, Phillips, SE, and Stoffano, S. The simplified v-slope method of detecting the gas exchange threshold. *Med Sci Sports Exerc* 25: 1180-1184, 1993.

26 Siconolfi, SF, Cullinane, EM, Carleton, RA, and Thompson, PD. Assessing VO_2 max in epidemiologic studies: modification of the Astrand-Rhyming test. *Med Sci Sports Exerc* 14: 335-338, 1982.

27 Storer, TW, Davis, JA, and Caiozzo, VJ. Accurate prediction of VO_2 max in cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc* 22: 704-712, 1990.

28 Swain, DP, and Wright, RL. Prediction of VO_2 peak from submaximal cycle ergometry using 50 versus 80 rpm. *Med Sci Sports Exerc* 29: 268-272, 1997.

29 Wier, LT, Jackson, AS, Ayers, GW, and Arenare, B. Non-exercise models for estimating VO_2 max with waist girth, percent fat or WI. *Med Sci Sports Exerc* 38: 556-561, 2006.

3.2. Artigo Submetido:

Predição do consumo máximo de oxigênio através do levantamento epidemiológico em homens saudáveis não atletas. *Revista Panamericana de Salud Pública/Pan American Journal of Public Health*.

Predição do consumo máximo de oxigênio através de levantamento epidemiológico em homens saudáveis não atletas.

Rodolfo Alkmim Moreira Nunes Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal – Brasil

rodolfoalkmim@gmail.com

Rodrigo Gomes de Souza Vale Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal – Brasil

rodrigovale@globo.com

Victor Machado Reis Doutor em Desporto, Saúde e Desenvolvimento

Humano Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro – Vila Real – Portugal

vreis@utad.pt

Jefferson da Silva Novaes Doutor em Educação Física Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro – Brasil

jsnovaes@terra.com.br

Aldo da Cunha Medeiros Doutor em Medicina Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Natal – Brasil

aldo@ufrnet.br

Predição do consumo máximo de oxigênio através de levantamento epidemiológico em homens saudáveis não atletas.

Resumo **Objetivo:** O presente estudo avaliou a precisão de modelos de predição do VO_{2max} com base em indicadores de esforço sub-máximo. **Materiais e Métodos:** Foram testados em protocolo incremental máximo no cicloergômetro 3.147 voluntários do sexo masculino, saudáveis não atletas, com idades acima de 20 anos, divididos randomicamente em dois grupos: grupo A de estimação e grupo B de validação. As variáveis independentes investigadas foram: massa corporal (MC) em kg, carga de trabalho no limiar 2 (WL2) e frequência cardíaca no limiar 2 (FCL2). O método de validação cruzada foi utilizado no grupo B e o grupo A serviu como base para a composição do modelo e do conjunto de dados para a

validação. **Resultados:** Foi possível construir um modelo de regressão linear múltipla para predição do $VO_{2max} = 39.027 - 0.405 (MC) - 0.002 (FCL2) + 0.189 (WL2)$ em $mlO_2/kg/min^{-1}$; $r = 0,995$ e $EPE = 0,96 mlO_2/Kg/min^{-1}$. **Conclusão:** Os resultados demonstram que em homens saudáveis e não atletas é possível prever o $VO_{2m\acute{a}x}$ com um erro mínimo ($EPE = 1,00\%$) a partir de indicadores sub-máximos obtidos em teste incremental.

Introdução

A contribuição do exercício físico na melhoria da saúde, na prevenção de doenças, na sensação de bem estar e na qualidade de vida é reconhecida atualmente por vários grupos de pesquisadores. Contudo, é importante para o profissional da área de saúde ter conhecimento a respeito das características individuais, para que possa prescrever e orientar, de forma efetiva, o treinamento físico, a fim de manter bons níveis de saúde, de acordo com a idade e o sexo (1-8).

O consumo máximo de oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) tem sido tradicionalmente aceito como o melhor indicador da capacidade para o exercício prolongado, estando relacionado as respostas fisiológicas durante o exercício. A capacidade para o exercício prolongado também depende da eficiência de tolerar intensidades sub-máximas de exercício a um percentual elevado do $VO_{2m\acute{a}x}$ (9,10).

Desde meados do século passado, observa-se o aumento linear do consumo de oxigênio (VO_2) com o aumento progressivo de cargas no exercício dinâmico, mas a concentração do lactato sangüíneo permanece semelhante a de repouso até intensidades sub-máximas do $VO_{2m\acute{a}x}$, acima da qual a taxa de liberação do lactato para o sangue, excede sua taxa de remoção deste compartimento. Este parece ser o limite superior onde ainda

se observa a estabilidade nas trocas gasosas pulmonares, onde a ventilação pulmonar (VE) e a produção de dióxido de carbono (VCO₂) também aumentam linearmente com a carga de trabalho. Todavia, acima deste limite, acontece uma desproporção da VE e da VCO₂ com o aumento do VO₂ (11,12).

O fato de ter acesso aos valores do consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) permite determinar o grau de aptidão física aeróbica geral de um indivíduo. Isto ocorre em função das exigências inerentes da modalidade desportiva deste, baseado em um perfil derivado de estudos estatísticos, que caracterizam outros indivíduos que praticam o mesmo esporte ou modalidade na academia de ginástica (13).

A avaliação da capacidade física permite quantificar e direcionar o trabalho adequadamente e ter informação que indicará se o indivíduo está realmente realizando o exercício na direção correta a fim de alcançar eficazmente as metas propostas. Assim, o VO₂máx é uma importante variável relacionada ao rendimento e a produtividade do ser humano. A qualificação desta variável é importante, pois possibilita avaliar o risco cardiovascular, capacidade funcional, rendimento desportivo e prescrição objetiva do exercício físico (14).

Para tanto, estudos recentes vêm utilizando instrumentação de ponta para identificação dos limiares ventilatórios (15) e utilização destes para validação de equações de predição do VO₂máx em diferentes ergômetros (16-18). Porém, o estudo atual, além de protocolo diferenciado, abrange o sexo masculino em diferentes faixas etárias, visando preencher uma lacuna da literatura.

Todavia, a medição direta do VO₂máx requer alguns cuidados decorrentes da aplicação de um esforço máximo e pode ser contra-indicada quando não se reúne as condições necessárias para tal. Assim, a utilização de modelos de predição do VO₂máx baseado em testes sub-máximos pode dispensar a

necessidade de esforços máximos. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a precisão de modelos de predição do $\text{VO}_2\text{máx}$ com base em indicadores de esforço sub-máximo, em homens saudáveis não atletas.

Materiais e Métodos

Estudo transversal realizado em uma amostra de 3147 indivíduos do sexo masculino, saudáveis não atletas, selecionados a partir do banco de dados de provas de esforço do Laboratório de Fisiologia do Exercício durante 40 meses entre 2005 e 2008. Estas foram divididas em faixas etárias: 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69 e acima de 70 anos, sendo subdivididas de forma randômica em grupo A (estimação) com $n = 2360$ e grupo B (validação) com $n = 787$. Os homens que compõem a amostra no grupo A tem a média de idade em $36,84 \pm 11,12$, com estatura média de $1,77 \text{ m} \pm 0,06$, massa corporal média de $74,95 \text{ kg} \pm 7,69$ e IMC de $23,88 \pm 2,47$. A amostra do grupo B tem a média de idade em $33,21 \pm 11,22$, com estatura média de $1,78 \text{ m} \pm 0,07$, massa corporal média de $75,39 \text{ kg} \pm 7,86$ e IMC de $23,64 \pm 2,45$.

Tabela 1: Características da amostra dividida por faixa etária nos grupos de estimação (A) e de validação (B).

Faixa etária (anos)	Grupo	n	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (m)	IMC (kg/m²)
20-29	A	676	27.72±2.41	70.20±6.88	1.78±0.06	22.46±1.68
	B	226	24.37±2.32	70.50±6.59	1.78±0.06	22.22±1.58
30-39	A	849	36.39±2.99	73.60±6.63	1.78±0.06	23.85±1.83
	B	282	32.17±1.73	74.50±7.32	1.78±0.06	23.57±1.69
40-49	A	519	45.50±3.00	74.40±7.90	1.80±0.10	24.70±2.20
	B	171	41.79±1.17	73.60±8.64	1.76±0.07	24.68±2.14
50-59	A	194	54.96±2.63	78.80±8.91	1.75±0.08	26.09±2.84
	B	66	52.81±1.15	82.65±7.96	1.69±0.08	27.04±2.96
60-69	A	85	66.05±2.94	80.50±8.66	1.72±0.08	26.93±3.38
	B	30	61.88±0.99	77.30±7.23	1.77±0.07	25.93±2.29
>70	A	32	74.37±3.55	78.80±7.67	1.68±0.07	28.47±3.72
	B	12	72.98±2.87	75.05±8.75	1.75±0.05	24.38±2.70

*Valores apresentados como média e desvio padrão com $p < 0.05$.

n= tamanho da amostra; IMC= índice de massa corporal.

Foi pré-requisito para a aprovação do candidato, um exame clínico realizado por médico, com especialidade em medicina desportiva, composto de: anamnese direcionada para pesquisa de fatores de risco e atenta aos critérios de exclusão do estudo; exame físico com ausculta cardíaca, pulmonar e verificação da frequência cardíaca de repouso, pressão arterial de repouso e análise do eletrocardiograma de repouso.

Os critérios de inclusão foram: homens saudáveis, não atletas, acima de 20

anos. Os critérios de exclusão foram: homens com doenças cardiovasculares, respiratórias ou endócrino-metabólicas, os que tivessem anomalias músculo-esqueléticas ou utilizassem fármacos que alterassem o desempenho e ainda a inadaptação ao ergômetro.

Recomendou-se para o dia prévio ao exame abster-se de atividades físicas extenuantes, ter uma boa noite de sono e no dia do exame não ingerir alimentos ou cafeína nas duas horas que antecedem o esforço. Antes de executarem as provas de esforço, cada participante foi informado verbalmente e por escrito, dos procedimentos e seus riscos e benefícios do estudo. Os sujeitos assinaram o termo de Consentimento Livre e Esclarecido e todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Instituição.

Para o estudo, determinaram-se os valores antropométricos de massa corporal (MC) em quilogramas e da estatura (E) expressa em metros. Cada indivíduo ficou de pé, descalço, no centro da plataforma da balança digital (Welmy, S^{ta} Bárbara, Brasil), vestindo apenas roupa de banho, procurando não se movimentar. O cursor da escala foi movido manualmente até haver um equilíbrio. A massa corporal foi registrada em quilogramas, com precisão de 100 gramas. Verificou-se a estatura em apnéia após inspiração profunda, registrada com precisão de 0,1 cm, observando a distância compreendida entre a planta dos pés e o ponto mais alto da cabeça (vértex).

Para o teste ergométrico foi utilizado um protocolo incremental contínuo em cicloergômetro (Cateye modelo ergociser EC 1600, Osaka, Japão) onde os indivíduos mantiveram a cadência de 60 rpm. Foram realizados 2 minutos para aquecimento, sendo que no primeiro minuto os indivíduos pedalarão sem carga para adaptação ao ergômetro e no segundo minuto com incremento de 0,5 kg.m de carga. A partir deste ponto iniciou-se o teste propriamente dito com 1,0 kg.m de

carga e incrementos de 0,2 kg.m/min até atingir a exaustão voluntária. Portanto a carga inicial no 1º minuto foi de 60 W (60 rpm x 1,0 kg.m) e incrementos de 12 W/min continuamente até o esforço máximo.

Os gases expirados foram medidos continuamente por um analisador Aerosport VO₂₀₀₀ (Medgraphics, St. Paul, Minnesota, EUA), em que as amostras gasosas eram coletadas e mensuradas a cada 10s durante o teste. A análise foi feita através de detectores de oxigênio e dióxido de carbono. A razão de troca respiratória, volume de oxigênio consumido por minuto (VO₂) e volume de dióxido de carbono produzido por minuto (VCO₂) foram padronizados e calculados diretamente pelo aparelho. Previamente a cada exame, realizaram-se os procedimentos de calibragem dos equipamentos.

O 2º limiar ventilatório (LV2) foi determinado através do método V-Slope por inspeção visual da 2ª quebra da linearidade da curva de VE e/ou no ponto de aumento contínuo da curva com quebra de linearidade em VE/VCO₂ (19-21).

Através do traçado do eletrocardiograma (Software ELITE, Micromed biotecnologia, Brasília, Brasil) foi verificado a frequência cardíaca no 2º limiar ventilatório (FCL2) e a frequência cardíaca máxima (FCmáx) no final do teste ergométrico. No ponto de maior intensidade foram definidos a carga máxima (Wmáx) e o VO₂máx.

Os dados foram tratados pelo programa SPSS 14.0 e apresentados através da média, do desvio-padrão e dos valores mínimos e máximos. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado a fim de se observar à distribuição da curva de normalidade. O procedimento estatístico de regressão linear múltipla foi empregado, sempre com $\alpha = 5,00\%$, para desenvolver uma equação de predição do VO₂máx, com o critério de corte das variáveis independentes para um coeficiente de determinação R² mínimo de 0,80. O

coeficiente de correlação de Pearson (r) foi utilizado para analisar a relação entre o $\text{VO}_2\text{máx}$ observado e o predito. A confiabilidade do modelo de regressão foi expressa pelo (EPE) erro padrão da estimativa (22,23).

Para a composição do Modelo Matemático Preditor utilizou-se o método *forward Stepwise* no sentido de selecionar as variáveis preditoras inseridas no modelo (24,25). Nesse sentido observou-se o método de validação cruzada tomando-se grupo A (amostra = 3480) como base para a composição do Modelo e o grupo B (amostra = 1160) como conjunto de dados para a validação do mesmo. O estudo admitiu o nível de $p < 0,05$ para a significância estatística.

Resultados

No método de validação cruzada o grupo A utilizou as variáveis independentes preditoras MC ($74,95 \pm 7,69$), WL2 ($127,47 \pm 44,83$) e FCL2 ($146,88 \pm 17,06$) para obtenção do modelo matemático para as equações de predição do $\text{VO}_2\text{máx}$ estimado. Resultado semelhante foi encontrado no grupo B para as mesmas variáveis MC ($75,39 \pm 7,86$), WL2 ($131,46 \pm 45,11$) e FCL2 ($148,82 \pm 18,03$).

Pelo método *forward Stepwise* tivemos que selecionar os resultados de vários modelos de equações e suas respectivas variáveis preditoras que observaremos a seguir:

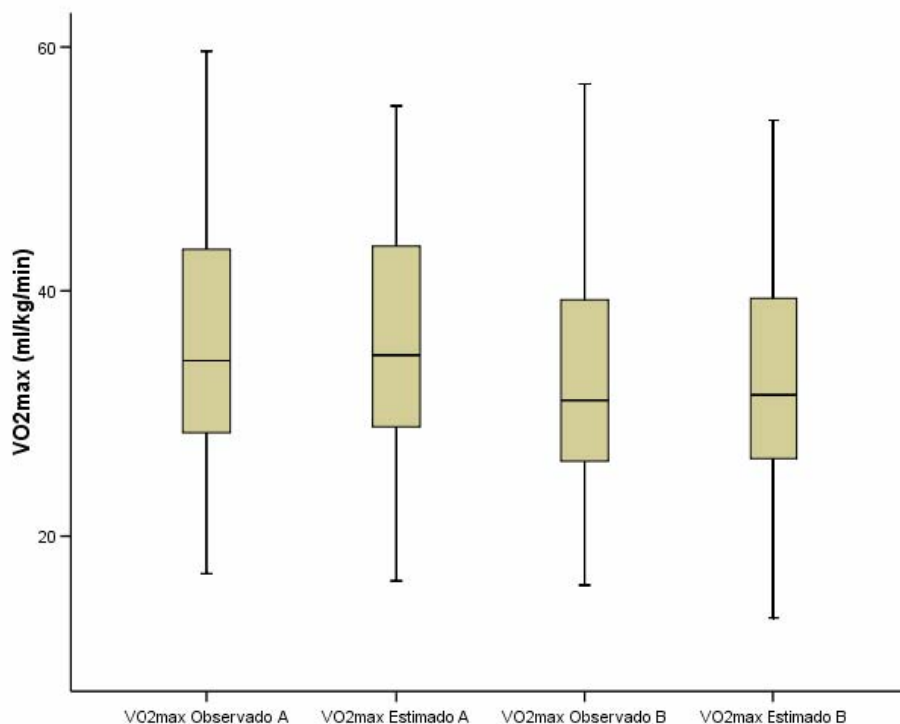
O 1º Modelo utilizando apenas a variável carga do limiar 2 (WL2) para a predição do $\text{VO}_2\text{máx} = 7.778 + 0.194$ (WL2), com $R = 0,938$, $R^2 = 0,88$, R^2 ajustado = 0,88 e EPE = $\pm 3.21616 \text{ mlO}_2/\text{Kg}/\text{min}^{-1}$.

Na seqüência para o 2º Modelo foi acrescentado a massa corporal (MC) em quilogramas como a segunda variável escolhida para a predição do $\text{VO}_2\text{máx} = 38.445 - 0.4$ (MC) + 0.189 (WL2), com $R = 0,995$, $R^2 = 0,989$, R^2 ajustado = 0,989 e EPE = $\pm 0.96553 \text{ mlO}_2/\text{Kg}/\text{min}^{-1}$.

Seguindo a linha de análise, o 3º modelo acrescenta a frequência cardíaca do limiar 2 (FCL2) como a terceira variável, com $R = 0,995$, $R^2 = 0,989$, R^2 ajustado de 0,989 e EPE igual a $\pm 0.96135 \text{ mlO}_2/\text{Kg}/\text{min}^{-1}$, verifica-se que a equação de predição do $\text{VO}_2\text{máx}$ estimado pode ser enunciada da seguinte forma: $\text{VO}_2\text{máx} = 39.027 - 0.405$ (MC) – 0.002 (FCL2) + 0.189 (WL2).

Os resultados do $\text{VO}_2\text{máx}$ observado e estimado nos grupos de estimação (A) e de validação (B) apresentaram uma distribuição semelhante e com os valores das medianas muito próximos (figura 1).

Figura 1: $\text{VO}_2\text{máx}$ observado e estimado dos grupos de estimação (A) e de validação (B)



Na tabela 2 é apresentado o teste de correlação de Pearson entre o VO₂máx observado e o VO₂máx estimado no grupo de validação (B) e de estimação (A). Verifica-se um alto coeficiente de correlação significativo ($r = 0,995$; $p=0,000$).

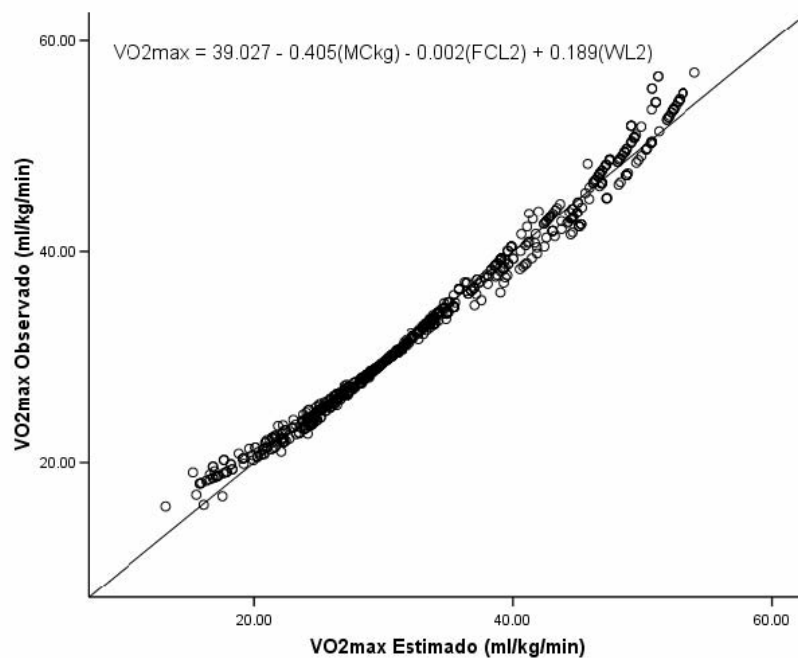
Tabela 2: Validação Cruzada do Modelo de Equação para Estimativa do VO₂máx

	VO₂máx		VO₂máx	
	Observado		Estimado	
Grupo	(ml/kg/min)	(ml/kg/min)	Diferença	r
A	32.52±9.28	32.56±9.23	-0.043±0.961	0.995
B	33.09±9.37	33.14±9.28	-0.050±0.980	0.994

A = grupo de estimação; B = grupo de validação; $p<0.05$.

A combinação dos dois resultados do VO₂máx observado e o VO₂máx estimado no grupo de validação (B) apresentou simetria entre os valores médios e paralelismo entre as mesmas. Isto denota a significância da relação de

colinearidade dos dois universos amostrais (figura 2). **Figura 2:** Regressão linear entre o VO₂máx observado e estimado no grupo devalidação (B)



Discussão

Interessante se faz buscar junto à bibliografia referente informações que corroborem a importância das variáveis independentes inseridas no modelo e que em estudos anteriores apresentem relações causais e funcionais entre as mesmas e a variável dependente VO₂máx.

Estudos para estimação do VO₂máx estão sendo realizados sem mesmo a realização de exercício e resultados significativos, através de regressões com múltiplas variáveis independentes que utilizam no lugar do teste de esforço, questionários para avaliar o nível de condicionamento físico (26-28). O presente estudo mostra semelhança com relação ao número de variáveis e a escolha de dados antropométricos como MC, percentual de gordura e índice de massa

corporal.

Existem diversas equações que utilizam a MC como variável independente para predição do VO_2 . No cicloergômetro a influência se aplica ao simples trabalho de mover os pedais. A subtração (-0,405) do valor da MC deste estudo é colocada pela influência positiva sobre a resistência mecânica dos pedais dentre as variáveis preditoras do VO_2 máx. Portanto, quanto maior a MC, principalmente dos membros inferiores, maior a eficiência com a carga de trabalho (W), FC reduzida para a mesma carga e conseqüentemente o VO_2 máx absoluto ($\text{lO}_2/\text{min}^{-1}$) maior. Sendo a adição (+0,189) do valor em W para o trabalho a variável independente mais utilizada em protocolos para cicloergômetro (29-31).

A utilização do cicloergômetro na ergoespirometria e suas variáveis baseadas nos equivalentes ventilatórios como no presente estudo, são vistas em algumas equações de predição do VO_2 máx estimado, assim como para predição da carga máxima (n=30, masculino saudáveis, $r=0,73$ e $R^2=0,54$) com protocolo escalonado (25 W/min.), contínuo e máximo (32). Mastropaolo (33) em seu estudo atingiu resultados mais expressivos no cicloergômetro (n=13, idade=43-61, masculino saudáveis, $r=0,93$, $\text{EPE}=0,172$ e $R^2=0,86$). Porém, estas equações tiveram seu resultado alcançado com público restrito se comparado ao presente estudo.

Assim como no presente estudo que encontrou valores de R significativos com protocolo diferenciado (12 W/min), Storer et al. realizaram testes em 115 voluntários saudáveis do sexo masculino, utilizando as variáveis carga de trabalho máximo ($W_{\text{máx}}$), massa corporal (MC) e idade para protocolo com acréscimo de 15 W/min e obteve $R = 0,939$ e $\text{EPE} = 212,0$ para a equação: $[(10,51 \times W) + (6,35 \times MC) - (10,49 \times \text{idade}) + 519,3] / MC$. O estudo foi precursor do teste de rampa

para cicloergômetro com a utilização do protocolo com gradual incrementos de cargas que favorecem os resultados encontrados em ambos os testes (34).

Em recente estudo para predizer o VO_2 máx foi utilizada metodologia complexa com 3 testes subseqüentes em cicloergômetro, no 1º teste submáximo com estágios de 4 minutos, iniciando com 25 watts e cadência de 50 rpm, onde a FC se estabilizar entre 110 e 150 bpm. Descanso de 15 minutos para o próximo teste submáximo com 2 minutos no cicloergômetro sem resistência, dependendo do teste anterior, com incrementos de carga entre 15 e 45 watts/minuto até atingir 80% da FC máx. estimada. Por último, após novo descanso de 15 minutos, foi feito teste máximo com incrementos semelhantes ao teste anterior na cadência de 70 rpm. A proposta do atual estudo consiste na simplicidade na metodologia para sua posterior reprodução(18).

Akalan et al. (18) utilizaram a frequência cardíaca de reserva (FC res) em sua metodologia para predizer o VO_2 máx critérios como a estabilização com o aumento da carga (W), a razão de troca respiratória igual a 1,1 na ergoespirometria e a FC 15 bpm acima da FC máx prevista. Para tanto, realizaram um modelo de regressão múltipla: $46,103 + (- 0,353 \times MC) + (0,683 \times W/min) + (- 5,995 \times \text{sexo}) + (0,165 \times \text{delta } FC\text{res}) + (2,816 \times FC\text{res } K) + (0,0138 \times LO\text{-}PAR) + 4,234$ com $R^2 = 0,867$ e $EPE = 4,23 \text{ ml/Kg/min}$. Diferente do presente estudo, fora os testes e seus resultados quantitativos, também utilizaram questionário de aptidão física dentro da equação de predição.

Encontrar a FC sub-máxima para o desenvolvimento de regressão linear simples é a técnica mais usada através do nomograma Astrand desde meados do século passado (35,36). A inovação deste estudo é encontrar o ponto de compensação ventilatória ou limiar 2 (L2), atribuindo o valor da FC neste ponto e

subtraindo o valor (-0,002) da FCL2, que serve de parâmetro de linearidade no encontro do VO₂máx estimado nas principais equações sub-máximas para cicloergômetro.

Os resultados do estudo denotam um coeficiente de correlação entre o VO₂máx e o VO₂máx estimado com r significativo, indicando que o uso do modelo matemático gerado fornece estimativas precisas do VO₂máx. Dessa forma, pode-se concluir que a utilização do protocolo sub-máximo em cicloergômetro com incremento de 12 W/min possibilita a determinação do VO₂máx com menores riscos para os indivíduos que o estudo se destina. Além disso, o modelo matemático pode ser usado em qualquer cicloergômetro para membros inferiores que se consiga aferir as rotações por minuto das pedaladas e a carga de frenagem.

Referências

- 1 Boraita Perez A. Exercise as the cornerstone of cardiovascular prevention. *Rev Esp Cardiol.* 2008; 61 (5): 514-28.
- 2 Warburton DE, Katzmarzyk PT, Rhodes RE, Shephard RJ. Evidence-informed physical activity guidelines for Canadian adults. *Can J Public Health.* 2007; 98 Suppl 2: S16-68.
- 3 Vainionpaa A, Korpelainen R, Kaikkonen H, Knip M, Leppaluoto J, Jamsa T. Effect of impact exercise on physical performance and cardiovascular risk factors. *Med Sci Sports Exerc.* 2007; 39 (5): 756-63.
- 4 Nelson ME, Rejesk WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, et al. Physical activity and Public Health in older adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation.* 2007; 116 (9): 1094-105.
- 5 Raviv S, Netz Y. Age, gender and level of activity as moderators of personal incentives to physical activity in Israel. *J Psychol.* 2007; 141 (3): 241-61.
- 6 Lobelo F, Pate R, Parra D, Duperly J, Pratt M. Carga de mortalidad asociada a la inactividad física en Bogotá. *Rev Salud Pública.* 2006; 8 (sup.2): 28-41.
- 7 Mena-Bejarano B. Análisis de experiencias en la promoción de actividad *Rev Salud Pública.* 2006; 8 (sup.2): 42-56.
- 8 Matsudo SM, Matsudo VR, Andrade DR, Araújo TL, Andrade E, Oliveira L, Braggion G. Physical activity promotion: Experiences and evaluation of the ecological mobile model. *J Phys Activ Health.* 2004; 1: 81-97.
- 9. Serra S. Considerações sobre ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol.* 1997;

- 68: 301-4.
- 9 Hendriksen IJ, Zuiderveld B, Kemper HC, Bezemer PD. Effect of commuter cycling on physical performance of male and female employees. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32 (2): 504-10.
- 10 Ribeiro JP. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício: Aspectos fisiológicos, metodológicos e clínicos. *Rev HCPA.* 2005; 25 (3): 107-15.
- 11 Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exer Sport Sci Rev.* 1996; 24: 35-71.
- 12 Rondon MUPB, Forjaz CLM, Nunes N, Amaral SL, Barretto ACP, Negrão CE. Comparação entre a prescrição de intensidade de treinamento físico baseada na avaliação ergométrica convencional e na ergoespirométrica. *Arq Bras Cardiol.* 1998; 70 (3): 159-66.
- 13 Davis JA, Storer TW, Caiozzo VJ, Pham PH. Lower reference limit for maximal oxygen uptake in men and women. *Clin Phys Funct Imaging.* 2002; 22 (5): 332-8.
- 14 Pires FO, Lima-Silva AE, Oliveira FR. Differences among variables of determination of ventilatory thresholds. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2005; 7 (2): 20-8.
- 15 Mookerjee S, Surmacz C, Till M, Weller B. Validation of an equation for predicting energy cost of arm ergometry in women. *Eur J Appl Physiol.* 2005; 95 (2-3): 115-20.
- 17. George JD, Bradshaw DI, Hyde A, Vehrs PR, Hager RL, Yanowitz FG. A maximal graded exercise test to accurately predict VO_{2max} in 18-65 year old adults. *Measurement in Education and Exercise Science.* 2007; 11 (3): 149-60.
- 16 Akalan C, Robergs RA, Kravitz L. Prediction of VO_{2max} from an individualized submaximal cycle ergometer protocol. *JEP online.* 2008; 11 (2): 1-17.
- 17 Schngider DA, Phillips SE, Stoffano S. The simplified v-slope method of detecting the gas exchange threshold. *Med Sci Sports Exerc.* 1993; 25 (10): 1180-4.
- 18 Ribeiro JP. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. *Arq Bras Cardiol.* 1995; 64: 171-81.
- 19 Lourenço TF, Tessutti LS, Martins LEB, Brenzikofer R, Macedo DV. Metabolic interpretation of ventilatory parameters during maximal effort test and their applicability to sports. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2007; 9 (3): 303-10.
- 20 Okano AH, Altimari LR, Simões HG, Moraes AC, Nakamura FY, Cyrino ES, Burini RC. Comparison between anaerobic threshold determined by ventilatory variables and blood lactate response in cyclists. *Rev Bras Med Esporte.* 2006; 12 (1): 39-44.
- 21 Malek MH, Berger DE, Housh TJ, Coburn JW, Beck TW. Validity of VO_{2max} equations for aerobically trained males and females. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36: 1427-32.
- 22 Lockwood PA, Yoder JE, Deuster PA. Comparison and cross validation of cycle ergometry estimates of VO_{2max} . *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29 (11): 1513-20.
- 23 Hermiston R & Faulkner JA. Prediction of maximal oxygen uptake by a step-wise regression technique. *J Appl Physiol.* 1971; 30: 833-7.
- 24 Barbosa FP, Fernandes Filho J, Fernandes PR, Knackfuss MI, Modelo matemático para levantamento epidemiológico da aptidão física cardiorrespiratória sem teste de esforço. *Rev Salud Pública.* 2008; 10 (2): 260-8.
- 25 Wier LT, Jackson AS, Ayers GW, Arenare B. Non-exercise models for estimating VO_{2max} with waist girth, percent fat or BMI. *Med Sci Sports Exerc.*

2006; 38 (3): 556-61.

26 Sanada K, Midorikawa T, Yasuda T, Kearns CF, Abe T. Development of non-exercise prediction models of maximal oxygen uptake in healthy Japanese young men. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 99: 143-8.

27 Patton JF, Vogel JA & Mello RP. Evaluation of a predictive cycle ergometer test of aerobic power. *Eur J Physiol.* 1982; 49: 131-40.

28 Jones NJ, Makrides L, Hitchcock C, Chypchar T, McCartney N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Resp Disease.* 1985; 131: 700-8.

□ 31. Swain DP & Wright RL. Prediction of VO₂ peak from submaximal cycle ergometry using 50 versus 80 rpm. *Med Sci Sports Exerc.* 1997; 29: 268-72.

29 Nogueira FS, Pompeu FAMS. Modelos para predição da carga máxima no teste clínico. *Arq Brás Cardiol.* 2006; 87 (2): 137-45.

30 Mastropaolo JA. Prediction of maximal VO₂ consumption in middle-aged men by multiple regressions. *Med Sci Sports Exerc.* 1970; 2: 124-7.

31 Storer TW, Davis JA, Caiozzo VJ. Accurate prediction of VO₂máx in cycle ergometry. *Med Sci Sports Exerc.* 1990; 22 (5): 704-12.

32 Astrand PO & Rhyning I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *J Appl Physiol.* 1954; 7: 218-21.

33 Siconolfi SF, Cullinane EM, Carleton RA, Thompson PD. Assessing VO₂máx in epidemiologic studies: modification of the Astrand-Rhyning test. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14: 335-8.

4. COMENTÁRIOS, CRÍTICAS E SUGESTÕES

As tendências investigativas surgiram logo após a conclusão do curso de Medicina na Universidade Gama Filho (UGF/RJ) em 1990 e sempre foram voltadas para área da Educação e Promoção da Saúde. Iniciou-se devido à dúvida entre o curso de Medicina e de Educação Física, quando fomos aprovados no vestibular (UERJ) no final da década de 70 (concluído somente em 2007 na Universidade Estácio de Sá/RJ).

Quando da implantação no Brasil dos primeiros laboratórios de Pesquisa do Exercício, localizados nas cidades de Porto Alegre, São Paulo e Rio de Janeiro, vivenciamos, no LAPEX – Laboratório de Pesquisa do Exercício da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nossas primeiras experiências relativas à teoria e prática dos testes, medidas e avaliações das dimensões morfológica e fisiológica aplicadas em sedentários e atletas durante os anos de 1991 e 1992.

Iniciamos nossas observações científicas relacionadas aos resultados das avaliações e das prescrições de exercício físico através dos protocolos utilizados dentro da rotina do LAPEX/RS. O referencial teórico da época passava pelos clássicos pesquisadores Astrand, Bruce, Balke e Cooper, na área da fisiologia do exercício, que foram citados no decorrer deste estudo. Fomos orientados por grandes mestres da Medicina Desportiva (Eduardo Henrique De Rose, Belmar Andrade, Jorge Pinto Ribeiro) que se destacavam dentro e fora do Brasil.

Nestes anos na UFRGS, concluímos dois cursos em nível de especialização, “Medicina do Esporte” e “Métodos e Técnicas de Avaliação em Laboratório de Pesquisa” e um de extensão universitária em “Métodos não invasivos em Cardiologia – Ergometria” no Hospital de Clínicas de Porto Alegre (RS). Portanto, atuamos na realização de testes ergométricos desde 1991.

Retornando ao Rio de Janeiro, iniciamos a carreira no magistério superior como professor substituto em 1993 na Universidade Estácio de Sá (UNESA/RJ), lecionando na disciplina Higiene e Primeiros Socorros, passando a professor efetivo em 1995. No ano de 1997 passamos a lecionar também nas disciplinas Fisiologia do Exercício e Medidas e Avaliação, montando grupos de iniciação científica em cineantropometria e ergoespirometria.

Nesta perspectiva desenvolvemos estudos nas citadas disciplinas, que resultou, ao longo dos anos, na orientação e produção de vários trabalhos científicos, apresentados e publicados em eventos e periódicos acadêmicos.

Em 2002, implantamos junto ao Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Estácio de Sá (RJ) linha de pesquisa direcionada ao estudo das questões da atividade física e qualidade de vida, onde era realizado programa de re-condicionamento físico. Para tanto, eram realizados os testes preliminares para qualificação dos riscos e aderência ao programa.

Objetivando o desenvolvimento de campo extensionista e de pesquisa para os acadêmicos da área da saúde, apresentamos ao Centro de Avaliação e Pesquisa do Exercício da Health Club, precisamente ao setor de Medicina Preventiva e na função de coordenador, o projeto de re-condicionamento físico em parceria “LAFIEX-HC”, que tem como objetivo avaliar, promover, educar e disseminar através da informação, orientação e prescrição de exercícios os benefícios da prática regular de atividade física para comunidade, e em especial, para os grupos de idosos, hipertensos, diabéticos, cardíacos, obesos e gestantes, tudo visando à melhoria da qualidade de vida dos participantes através do estilo de vida ativo e saudável.

Implantado em 2005, o projeto supracitado, hoje transformado em um programa, já atendeu nesses quatro anos de existência mais de 8.000 usuários, registrando parâmetros das dimensões morfológicas e funcionais, visando ações de educação e promoção da saúde. A partir dessa ação comunitária, promovida e celebrada através de convênio por duas instituições credenciadas e fidelizadas, uma por prestação de serviço de saúde e outra pela sua missão de contribuir com avanço da ciência.

Sentindo a necessidade de aprofundamento na área de pesquisa, iniciamos a pós-graduação *Stricto-Sensu* visando a aquisição do título de Mestre em Motricidade Humana obtido na Universidade Castelo Branco (UCB/RJ) em 2004. A linha de pesquisa estudada mais uma vez nos conduzia para avaliação da aptidão cardiorrespiratória, optamos definitivamente pela investigação do perfil e necessidades dos indivíduos brasileiros, utilizando como objeto de estudo a atividade física, a prescrição de exercício e o estilo de vida e a saúde de indivíduos, situação essa que perdura até os dias de atuais.

A dificuldade de acesso aos exames de detecção do VO_2 máx direto através

da ergoespirometria, além da pouca qualificação profissional para o teste máximo, nos levou à relevância do estudo, observando a necessidade de uma equação de predição do VO_2 máx específica para quantificação dos valores do VO_2 máx de indivíduos brasileiros, permitindo a determinação do grau de aptidão cardiorrespiratória.

O estudo originou, como esperado no projeto original, duas equações de detecção do VO_2 máx específicas para os sexos masculino e feminino em indivíduos brasileiros. Contudo, sugerimos maiores estudos subseqüentes para verificar outra lacuna da literatura que seria uma equação genérica para ambos os sexos. No Brasil os testes de esforço, com a finalidade de avaliar a capacidade física aeróbica são praticamente incipientes e a sua realização em clubes e academias é quase inexistente. Quando realizados, os valores do VO_2 máx são verificados por equações genéricas de estudos realizados em países com população predominante étnica caucasiana.

Destacamos a importância de equações de referência nacional em cicloergômetro para se quantificar o VO_2 máx, qualificar e acompanhar a evolução funcional, tanto em nível atlético, como patológico. Isso vai ao encontro das medidas epidemiológicas na promoção da saúde. A medicina embasada em evidências clínico-epidemiológicas amplia a acessibilidade à avaliação preventiva de doenças cardiovasculares da população.

O VO_2 máx é uma importante variável relacionada ao rendimento e a produtividade do ser humano. Devido à relevância das áreas de seu emprego, torna-se necessária a utilização correta de equações referenciais para o VO_2 máx em diferentes faixas etárias para indivíduos não atletas de ambos os sexos no Brasil.

As dificuldades encontradas na construção do conhecimento em nosso país

são notórias, onde a falta de apoio das instituições de pesquisa e fomento muitas vezes inviabilizam a pesquisa. Porém, graças ao apoio isolado de empresas como a Health Club (HC) e à incansável colaboração de colegas de profissão, foi possível a realização desse estudo, o qual vem acrescentar o conhecimento a respeito da atividade física como promotora da saúde.

Consideramos que esses resultados, analisados à luz do conhecimento científico, trariam relevantes informações que poderiam ser introduzidas em Tese de Doutorado, no Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Por fim, após mudança de orientador, de tese e projeto, encontramos a definição do objeto de estudo que deu prosseguimento à pesquisa iniciada no Mestrado e concluímos o projeto intitulado “Modelo Matemático para Predição do VO_{2max} em Cicloergômetro Baseado na Análise dos Gases Expirados”. O artigo aceito para publicação no *Journal of Strength & Conditioning Research*, com o título “Prediction of VO_{2max} During Cycle Ergometry Based on Submaximal Ventilatory Indicators - VO_{2max} Cycle Ergometry by Submaximal Indicators”, evidência a relevância do estudo.

O estudo caracterizou-se como uma pesquisa experimental com corte transversal na amostra de 7787 indivíduos, sendo 4640 indivíduos do sexo feminino e 3147 indivíduos do sexo masculino, todos saudáveis não atletas, selecionados a partir do banco de dados de provas de esforço do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFIEX-HC/RJ) durante 40 meses entre 2005 e 2008.

Para o estudo, determinaram-se os valores antropométricos de massa corporal (MC) em quilogramas e da estatura (ES) expressa em metros. Cada indivíduo ficou de pé, descalço, no centro da plataforma da balança digital (Welmy, S^{la} Bárbara, Brasil), vestindo apenas roupa de banho, procurando não se movimentar. O cursor da escala foi movido manualmente até haver um equilíbrio. A massa corporal foi registrada em quilogramas, com precisão de 100 gramas.

Verificou-se a estatura em apnéia após inspiração profunda, registrada com precisão de 0,1 cm, observando a distância compreendida entre a planta dos pés e o ponto mais alto da cabeça (vértex).

Para o teste ergométrico foi utilizado um protocolo incremental contínuo em cicloergômetro (Cateye modelo ergociser EC 1600, Osaka, Japão) onde os indivíduos mantiveram a cadência de 60 rpm. Foram realizados 2 minutos para aquecimento, sendo que no primeiro minuto os indivíduos pedalarão sem carga para adaptação ao ergômetro e no segundo minuto com incremento de 0,5 kg.m de carga. A partir deste ponto iniciou-se o teste propriamente dito, o grupo feminino iniciou com 0,8 kg.m de carga e incrementos de 0,2 kg.m/min até atingir a exaustão voluntária. Portanto a carga inicial no 1º minuto foi de 48 W (60 rpm x 0,8 kg.m) e incrementos de 12 W/min continuamente até o esforço máximo, já o grupo masculino iniciou com 1,0 kg.m de carga e incrementos de 0,2 kg.m/min até atingir a exaustão voluntária. Portanto a carga inicial no 1º minuto foi de 60 W (60 rpm x 1,0 kg.m) e incrementos de 12 W/min continuamente até o esforço máximo.

Os gases expirados foram medidos continuamente por um analisador Aerosport VO2000 (Medgraphics, St. Paul, Minnesota, EUA), em que as amostras gasosas eram coletadas e mensuradas a cada 10s durante o teste. A análise foi feita através de detectores de oxigênio e dióxido de carbono. A proporção de troca respiratória (R), volume de oxigênio consumido por minuto (VO_2) e volume de dióxido de carbono produzido por minuto (VCO_2) foram padronizados e calculados diretamente pelo aparelho. Previamente a cada exame, realizaram-se os procedimentos de calibragem dos equipamentos.

O 2º limiar ventilatório (LV2) foi determinado através do método V-Slope por inspeção visual da 2ª quebra da linearidade da curva de VE e/ou no ponto de aumento contínuo da curva com quebra de linearidade em VE/VCO_2 .

Através do traçado do eletrocardiograma (Software ELITE, Micrimed biotecnologia, Brasília, Brasil) foi verificada a frequência cardíaca no 2º limiar ventilatório (FCL2) e a frequência cardíaca máxima (FCmáx) no final do teste ergométrico. No ponto de maior intensidade foram definidos a carga máxima (Wmáx) e o VO₂máx.

Ao final do teste ergométrico no ponto de maior intensidade foram definidos a carga máxima (Wmáx), o VO₂máx e a frequência cardíaca máxima (FCmáx).

Os dados foram tratados pelo programa SPSS 14.0 e apresentados através da média, do desvio-padrão e dos valores mínimos e máximos. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado a fim de se observar a distribuição da curva de normalidade. O procedimento estatístico de regressão linear múltipla foi empregado, sempre com $\alpha = 5,00\%$, para desenvolver uma equação de predição do VO₂máx, com o critério de corte das variáveis independentes para um coeficiente de determinação R^2 mínimo de 0,80. O coeficiente de correlação de Pearson (r) foi utilizado para analisar a relação entre o $\dot{V}O_2$ máx observado e o predito. A confiabilidade do modelo de regressão foi expressa pelo erro padrão da estimativa (EPE).

Para a composição do Modelo Matemático Preditor utilizou-se o método forward Stepwise no sentido de selecionar as variáveis preditoras inseridas no modelo. Nesse sentido observou-se o método de validação cruzada tomando-se grupo A como base para a composição do Modelo e o grupo B como conjunto de dados para a validação do mesmo. O estudo admitiu o nível de $p < 0,05$ para a significância estatística.

Para o grupo feminino o método de validação cruzada com o grupo A utilizando as variáveis preditoras massa corporal (MC) e carga no limiar 2 (WL2) obteve os seguintes valores de R e do erro esperado para as equações de VO₂máx estimado: $R = 0,995$, $R^2 = 0,99$, R^2 ajustado = 0,99 e EPE = 0,67767.

Resultado semelhante foi encontrado no grupo B com $R = 0,995$, $R^2 = 0,989$, R^2 ajustado = 0,989 e EPE = 0,68471.

No grupo masculino o método de validação cruzada o grupo A utilizou as variáveis independentes preditoras MC ($74,95 \pm 7,69$), WL2 ($127,47 \pm 44,83$) e FCL2 ($146,88 \pm 17,06$) para obtenção do modelo matemático para as equações de predição do $VO_{2m\acute{a}x}$ estimado. Resultado semelhante foi encontrado no grupo B para as mesmas variáveis MC ($75,39 \pm 7,86$), WL2 ($131,46 \pm 45,11$) e FCL2 ($148,82 \pm 18,03$). Pelo método forward Stepwise selecionamos os resultados de vários modelos de equações e suas respectivas variáveis preditoras.

Encontrar a FC sub-máxima para o desenvolvimento de regressão linear simples é a técnica mais usada através do nomograma Astrand desde meados do século passado. A inovação deste estudo foi encontrar o ponto de compensação ventilatória ou limiar 2 (L2) pelo método V-Slope, atribuindo o valor da FC neste ponto e subtraindo o valor ($-0,00141$), para o grupo feminino, e ($-0,002$), para o grupo masculino, da FCL2, que serve de parâmetro de linearidade no encontro do $VO_{2m\acute{a}x}$ estimado nas principais equações sub-máximas para cicloergômetro. Além disso, o modelo matemático pode ser usado em qualquer cicloergômetro para membros inferiores que se consiga aferir as rotações por minuto das pedaladas e a carga de frenagem.

Os resultados apresentados nas publicações oriundas desta Tese denotam um coeficiente de correlação entre o $VO_{2m\acute{a}x}$ e o $VO_{2m\acute{a}x}$ estimado com r significativo, indicando que o uso do modelo matemático resultante fornece estimativas precisas do $VO_{2m\acute{a}x}$. Dessa forma, pode-se concluir que a utilização do novo protocolo sub-máximo em cicloergômetro com incremento de 12 W/min possibilita a determinação do $VO_{2m\acute{a}x}$ com menores riscos para os indivíduos para quem o estudo se destina. A equação apresenta uma previsão precisa das

medidas que seriam alcançados em um teste até a completa exaustão. Ao eliminar estes riscos de complicações cardiovasculares do teste ergométrico sem prejudicar a precisão dos resultados faz o atual teste mais adequado e viável.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 American Heart Association. Medical Scientific Statement on Exercise: benefits and recommendations for physical activity programs for all americans. *Circulation*. 1996; 94: 857.
- 2 Piña I, Apstein C, Balady G, Belardinelli R, Chaitman B, Duscha B. Exercise and heart failure: A statement from the American Heart Association Committee on Exercise Rehabilitation and Prevention. *Circulation*. 2003; 107: 1210-25.
- 3 Pate RP, Pratt M, Blair SN, et al. Physical activity and public health: a recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*. 1995; 273: 402-22.
- 4 Matsudo SM, Matsudo VR, Andrade DR, Araújo TL, Andrade E, Oliveira L, Braggion G. Physical activity promotion: Experiences and evaluation of the ecological mobile model. *J Phys Activ Health*. 2004; 1: 81-97.
- 5 Pieron M. Estilo de vida, prática de atividades físicas e esportivas, qualidade de vida. *Fitness Perf J*. 2004;1:10-7.
- 6 Daher DJ, Guiselini M, Ghorayeb N, Dioguardi G. Avaliação cardiovascular pré-participação na academia: Aspectos médicos e fisiológicos. *Rev Soc Cardiol Est São Paulo*. 2005; 2: 105-13.
- 7 Oliveira Filho JÁ, Salles AF, Salvetti XM. Prevenção primária da doença cardíaca pela atividade física. *Rer Soc Cardiol Estado de São Paulo*. 2005; 2: 121-9.
- 8 Meneghelo RS, Fuchs ARNC, Hossri CAC, Mastrocolla LE, Büchler RDD. Prevenção secundária da doença arterial coronária pela atividade física. *Rev Soc Cardiol Est São Paulo*. 2005; 2: 130-42.
- 9 Nunes RAM. Tabela referencial de condicionamento cardiorrespiratório. [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro: Universidade Castelo Branco; 2004.
- 10 Lemura LM, Von Duvillard SP, Mookerjee S. The effects of physical training of functional capacity in adults. Ages 46 to 90: a meta-analysis. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000; 40:1-10.
- 11 Hendriksen IJ, Zuiderveld B, Kemper HC, Bezemer PD. Effect of commuter cycling on physical performance of male and female employees. *Med Sic Sports Exerc*. 2000; 32: 504-10.
- 12 Shepard RJ. The athletes heart. *Br J Sports Med*. 1996; 30: 5-10.
- 13 Robergs RA, Vella CA. Non-linear relationship between central cardiovascular variables and VO₂ during incremental cycling exercise in endurance-trained individuals. *J Sports Med Phys Fitness*, 2005; 45: 452-9.
- 14 Boraita-Perez A. Exercise as the cornerstone of cardiovascular prevention. *Rev Esp Cardiol*. 2008; 61: 514-28.
- 15 Warburton DE, Katzmarzyk PT, Rhodes RE, Shepard RJ. Evidence-informed physical activity guidelines for Canadian adults. *Can J Public Health*. 2007; 98 (Suppl 2): S16-68.
- 16 Rondon MUPB, Forjaz CLM, Nunes N, Amaral SL, Barretto ACP, Negrão CE. Comparação entre a prescrição de intensidade de treinamento físico baseada na avaliação ergométrica convencional e na ergoespirométrica. *Arq Bras Cardiol*, 1998; 70:159-66.
- 17 Davis JA, Storer TW, Caiozzo VJ, Pham PH. Lower reference limit for maximal oxygen uptake in men and women.

- 18 Pires FO, Lima-Silva AE, Oliveira FR. Differences among variables of determination of ventilatory thresholds. *Rev Bras Cineantropom Desemp Hum.* 2005; 7: 20-8.
- 19 Mookerjee S, Surmacz C, Till M, Weller B. Validation of an equation for predicting energy cost of arm ergometry in women. *Eur J Appl Physiol.* 2005; 95: 115-20.
- 56. George JD, Bradshaw DI, Hyde A, Vehrs PR, Hager RL, Yanowitz FG. A
- maximal graded exercise test to accurately predict $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ in 18-65 year old adults. *Measur Edu Exerc Sci.* 2007; 11: 149-60.
- 57. Akalan C, Robergs RA, Kravitz L. Prediction of $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ from an individualized submaximal cycle ergometer protocol. *JEP online.* 2008;
- 11: 1-17.
- 20 Nunes RAM, Fonseca BB, Machado AF, Fernandes Filho J. Correlação entre o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ indireto predito e o direto. *Rev Bras Med Esp.* 2003; 09: S46.
- 21 Silva VAP, Bottaro M, Justino MA, Ribeiro MM, Lima RM, Oliveira RJ. Frequência cardíaca máxima em idosas brasileiras: uma comparação entre valores medidos e previstos. *Arq Bras Cardiol.* 2007;88:100-14.
- 22 Aidar FJ, Carneiro A, Silva A, Reis V, Novaes GS, Pains R. A prática de atividades físicas e a relação da qualidade de vida com o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ predito. *Motricidade.* 2007; 2:167-77.
- 23 Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, et al. Exercise standards for testing and training. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation.* 2001; 104:1694-740.
- 24 Nogueira FS, Pompeu FAMS. Modelos para predição da carga máxima no teste clínico. *Arq Bras Cardiol.* 2006; 87:137-45.
- 63. Serra S. Considerações sobre ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol.* 1997;
- 68: 301-4.
- 25 Ribeiro JP. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício: Aspectos fisiológicos, metodológicos e clínicos. *Rev HCPA.* 2005; 25: 107-15.
- 26 Hendriksen IJ, Zuiderveld B, Kemper HC, Bezemer PD. Effect of commuter cycling on physical performance of male and female employees. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 504-10.
- 27 Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exer Sport Sci Rev.* 1996; 24: 35-71.
- 28 Guths H, Chiappa GR, Magnan EC, Dallago P, Ribeiro JP. Contribuição de mecanismos centrais e periféricos para a cinética de recuperação do consumo de oxigênio em pacientes com insuficiência cardíaca. *Rev Brasileira Medicina do Esporte.* 2003; 09: S40.
- 29 Hepple RT. Skeletal muscle: microcirculatory adaptation to metabolic demand. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32:117-27.
- 30 Harms CA. Effect of skeletal muscle demand on cardiovascular function. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 94-9.
- 31 McMurray RG, Harrell JS, Bradley CB, Deng S, Bangdiwala SI. Predicted maximal aerobic power in youth is related to age, gender and ethnicity. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34:145-51.
- 32 Bouchard C, Dionne FT, Simoneau AJ, Boulay MR. Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exerc Sports Sci Rev.* 1992; 20: 27-58.

ABSTRACT

There are several equations to predict VO_2max from ergometric test variables on different ergometers. However, a similar equation using ventilatory thresholds of ergospirometry in a submaximal test on a cycle ergometer is unavailable. The aim of the present study was to assess the accuracy of VO_2max prediction models based on indicators of submaximal effort. Accordingly, 7.877 volunteers: 4640 women and 3147 men, all them healthy, non-athlete, ages older than 20 years, to be tested on a cycle-ergometer using a maximum incremental protocol. The subjects were randomly assigned to two groups: group A (estimation) and group B (validation). From the independent variables of weight in kg, the second workload threshold (WT2) and heart rate of the second threshold (HRT2), it was possible to build a multiple linear regression model to predict maximal oxygen consumption. The results showed that, in both sex, healthy non-athlete people, it is possible to predict VO_2max with a minimum of error (SEE = 1.00%) from submaximal indicators obtained in an incremental test. The multidisciplinary character of this work could be characterized for the implementation of techniques that involved pulmonology, physical education, physiology and statistics.

KEYWORDS: VO_2max ; prediction; cycle-ergometer; submaximal test.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)