

# Validade e Fidedignidade do Consumo Máximo de Oxigênio Preditivo pelo Freqüencímetro Polar M52

ARTIGO ORIGINAL

Luiz Fernando Martins Kruehl, Marcelo Coertjens, Leonardo Alexandre Peyré Tartaruga e Helen Cheril Pusich

## Resumo

Nos últimos anos, diversas pesquisas tem se dedicado ao estudo de formas alternativas para estimar o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2max}$ ). Com base nessas pesquisas, a Polar Electro Oy, desenvolveu um freqüencímetro (Polar M52) com a intenção de prever o  $VO_{2max}$  a partir de um teste realizado em repouso (Polar Fitness Test). O objetivo deste estudo foi verificar a validade e a fidedignidade do  $VO_{2max}$  predito pelo freqüencímetro Polar M52. A amostra foi composta por 31 indivíduos do sexo masculino e 30 do sexo feminino ( $21,2 \pm 1,7$  anos;  $66,9 \pm 12,3$  kg;  $170,3 \pm 9,4$  cm). Todos os sujeitos realizaram 3 testes de medição de  $VO_{2max}$ : a primeira, indireta (Teste) em repouso; a segunda, direta, durante esforço máximo em esteira e a terceira, indireta (Reteste) em repouso. Os dados foram analisados através da estatística descritiva, ANOVA One-way, teste Post Hoc (Tukey-b) e coeficientes de determinação intra-classe e correlação inter-classe para os testes de fidedignidade (Teste e Reteste) e validade, respectivamente. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dados de  $VO_{2max}$  coletados indiretamente ( $45,4 \pm 12,6$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup> e  $45,8 \pm 10,9$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) ( $p < 0,05$ ). O teste de fidedignidade apresentou um coeficiente de determinação considerado aceitável ( $r^2 = 0,71$ ). Por outro lado, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dados de  $VO_{2max}$  coletados durante o teste direto ( $36,5 \pm 6,1$  ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>) com os indiretos ( $p < 0,05$ ). O teste de validade apresentou uma correlação considerada muito fraca tanto para o Teste ( $r = 0,27$ ) como para Reteste ( $r = 0,34$ ). Acreditamos que o motivo de tal discrepância se deva a diferenças metodológicas entre o estudo atual e os autores analisados. Podemos concluir que o  $VO_{2max}$  predito pelo freqüencímetro apresentou fidedignidade, ou seja, que seu grau de confiabilidade foi aceitável por apresentar uma repetitividade segura. Entretanto, não apresentou validade, pois seu grau de acurácia foi considerada questionável.

**Palavras Chaves:** Consumo máximo de oxigênio, predição, validação, freqüencímetro, freqüência cardíaca

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Laboratório de Pesquisa do Exercício, Grupo de Pesquisas em Atividades Aquáticas  
Trabalho apresentado no XIV Salão de Iniciação Científica da UFRGS,  
Porto Alegre -RS, 02-06 de dezembro de 2002  
Trabalho apresentado no 16º Congresso Brasileiro de Medicina do Esporte, Florianópolis -SC, 05-07 de junho de 2003  
Submetido em 05/05/2003  
Aceito em 07/08/2003

## Endereço para correspondência:

Rua Felizardo, 750 – Jardim Botânico  
Cep: 90690-200 • Porto Alegre/RS  
Fone (51) 3316-5820 – 3316-5817  
Fax: (51) 3316-5811

## Introdução

A atividade física é considerada um importante componente do estilo de vida saudável. Evidências científicas demonstram, claramente, que a atividade física regular e de intensidade moderada promovem substanciais benefícios para a saúde<sup>(1)</sup>. Indivíduos fisicamente ativos, em contraste com sedentários, desenvolvem e mantêm níveis mais altos de condicionamento físico, além de menores riscos de adquirirem doenças crônicas tais como, doença coronariana, hipertensão, diabete mellitus não insulino dependente, osteoporose, câncer de colo do útero, ansiedade e depressão<sup>1</sup>. Dentre os aspectos envolvidos na classificação do condicionamento físico das pessoas e que devem fazer parte de um programa de treinamento físico destacam-se: a flexibilidade, a força e a resistência muscular e o condicionamento cardiorrespiratório<sup>2</sup>. Este último, está diretamente associado aos níveis de saúde de um indivíduo. Isto porque baixos níveis deste componente têm sido correlacionados a vários distúrbios, especificamente, ligados às doenças cardiovasculares<sup>3-5</sup>.

O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2\text{máx}}$ ) é a melhor variável utilizada para determinar e classificar o condicionamento cardiorrespiratório de uma pessoa<sup>5</sup>. Ele representa a quantidade máxima de oxigênio que pode ser captado, transportado e consumido pelo metabolismo celular enquanto uma pessoa desempenha exercício dinâmico envolvendo uma grande porcentagem da massa muscular corporal<sup>5</sup>. Além disso, é influenciado pelas variáveis idade, sexo, hábitos de exercício, hereditariedade e estado clínico cardiovascular. É, igualmente, conhecido como potência aeróbica máxima, por sua medida ser descrita, tanto na forma relativa como na forma absoluta, em volume de oxigênio (mililitros ou litros) por minuto.

Seus valores podem ser determinados tanto de forma direta, através da análise de gases inspirados e expirados por meio de um espirômetro durante um teste de esforço máximo, como de forma indireta através da avaliação de determinadas variáveis fisiológicas e físicas coletadas durante um teste de esforço máximo e submáximo, cujos valores são inseridos dentro de modelos matemáticos<sup>6</sup>. Esses procedimentos requerem, algumas vezes, equipamentos, os quais podem ter um custo elevado, pessoal especializado para realizar as coletas de dados, tempo suficiente para execução dos testes, além de indivíduos em condições físicas e psicológicas que permitam sua participação nos testes físicos. Dessa forma, muitos tipos de testes não são facilmente aplicados para idosos, obesos ou outras pessoas com dificuldades para realizar esforços físicos. Ou ainda, o esforço físico exigido pode causar lesões e parada cardíaca, fatos que têm sido raramente registrados. Por causa dessas limitações, grande parte destes testes são inadequados para uma considerável parcela da população<sup>7</sup>.

Por outro lado, algumas pesquisas têm desenvolvido formas alternativas para prever o  $VO_{2\text{máx}}$  de um indivíduo. Dentre elas, destacam-se aquelas que estudam a correlação de variáveis medidas durante o repouso com o seu  $VO_{2\text{máx}}$ , tais como: gênero, idade, massa, estatura, composição corporal, nível de atividade física auto avaliada, frequência cardíaca de repouso e variabilidade da frequência cardíaca de repouso<sup>7-10</sup>. Analisadas individualmente essas variáveis apresentam fraca correlação com o  $VO_{2\text{máx}}$ , entretanto, combinando-as pode-se obter correlações mais significativas<sup>7</sup>. Em função dessas constatações, alguns autores ressaltam a utilidade dessas equações de predição para o estudo do condicionamento físico de grandes grupos populacionais e da evolução de programas de treinamento físico<sup>7,8</sup>.

Em 1996, Väinämö e colaboradores propuseram um método bastante acurado de predição do  $VO_{2máx}$ <sup>9</sup>. Nesse estudo, foi constatado que as variáveis utilizadas para predição da potência aeróbica máxima (gênero, idade, massa, estatura, nível de atividade física auto avaliada, frequência cardíaca de repouso e variabilidade da frequência cardíaca de repouso) obtiveram uma correlação altamente significativa com  $VO_{2máx}$  medido em laboratório ( $r=0,96$ ). A novidade deste método foi a combinação dos valores das diferentes variáveis medidas durante repouso através do sistema de inteligência artificial<sup>11</sup>. Kinnunen et al.<sup>12</sup> constataram, igualmente, uma correlação significativa entre o  $VO_{2máx}$  predito através do sistema de inteligência artificial com o medido por testagem direta em esteira ( $r=0,80$ ) e cicloergômetro ( $r=0,93$ ).

A Polar Electro Oy desenvolveu, a partir dessas pesquisas com inteligência artificial, um aparelho capaz de prever a potência aeróbica máxima de uma pessoa a partir da situação de repouso. Este aparelho prediz a condição física do indivíduo com resultados semelhantes ao obtido com a avaliação do consumo máximo de oxigênio feita em circunstâncias laboratoriais<sup>13</sup>. Segundo a empresa, a vantagem desse método está em proporcionar uma forma prática e com menos riscos para o profissional responsável pelo treinamento físico, determinar o condicionamento cardiorespiratório de seus praticantes, sem submetê-los aos tradicionais testes de esforço físico<sup>14</sup>. Dessa forma, o propósito deste estudo foi o de verificar a validade e a fidedignidade do  $VO_{2máx}$  predito pelo freqüencímetro Polar M52.

### **Metodologia**

A amostra é do tipo não probabilística intencional, composta por 61 indivíduos saudáveis e não atletas, divididos entre os se-

xos masculino ( $n= 31$ ) e feminino ( $n= 30$ ), com idade entre 18 e 24 anos, acadêmicos da EsEF/UFRGS. Todos os participantes desta pesquisa estavam cientes e de acordo com Termo de Consentimento Informado, o qual foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

No total, todos os sujeitos passaram por quatro etapas de avaliação. Em primeiro lugar, a coleta dos dados individuais (Nome, idade, sexo e nível de aptidão física), realizada por meio de anamnese e questionário de predição do nível de atividade física e coleta dos dados antropométricos: massa e estatura. A classificação do nível de atividade física foi determinado pelo próprio sujeito a partir da leitura dos critérios previstos e elaborados pela POLAR ELECTRO OY<sup>14</sup>. Os critérios de classificação eram divididos em Baixo, Médio e Alto.

Em segundo lugar, foi realizado o teste para a predição do  $VO_{2máx}$  através da utilização do freqüencímetro Polar M52, com resolução de  $1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , segundo o protocolo do Polar Fitness Test. Após a inserção dos dados individuais e antropométricos do sujeito no aparelho, o indivíduo permanecia deitado com o freqüencímetro sobre a superfície anterior do tórax durante um período de 3 minutos com o objetivo de atingir o estado de repouso. Em seguida, era iniciada a coleta da frequência cardíaca de repouso que durava cerca de 5 minutos. Durante esse período, o sujeito não podia conversar ou mexer-se, permanecendo em um ambiente com pouca interferência de ruídos ou luzes que pudessem alterar sua frequência cardíaca de repouso. Esses critérios foram essenciais para que o índice de aptidão física proposto pelo aparelho fosse acurado. Os valores obtidos através do teste correspondem a estimação do  $VO_{2máx}$  relativo<sup>14</sup>.

Em terceiro lugar, foi realizado o teste para a coleta do  $VO_{2máx}$  direto<sub>pico</sub> através da utiliza-

ção de um espirômetro de circuito aberto da marca Medical Graphics CPX/D, com resolução de  $1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Esta coleta foi efetuada durante esforço máximo em esteira, de acordo com o protocolo de Teste Máximo Progressivo (tipo escada). Este teste caracterizou-se por aumentos progressivos da velocidade da esteira em cada estágio. Iniciou-se o teste com velocidade de 4 mph, com nível de inclinação de 1% durante 1 minuto. A partir daí foram realizados aumentos progressivos de 0,5 mph na velocidade para cada estágio, cuja duração era de 1 minuto. O teste terminou por decisão voluntária do executante ou quando foram observados sintomas de limite máximo de esforço e incapacidade de manter a potência de trabalho. A monitoração do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  direto<sup>pico</sup> foi realizada de modo a fornecer a média aritmética dos valores de consumo de oxigênio relativo coletados ao longo de intervalos de 15 segundos. O objetivo deste teste foi o de servir como parâmetro direto de comparação, para verificar a validade da predição do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  obtida através da testagem indireta.

Em quarto lugar, foi feito o reteste para a predição do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  através da utilização do freqüencímetro Polar M52, segundo o protocolo do Polar Fitness Test. Essa reavaliação foi executada após um período superior a, no mínimo, 72 horas e, no máximo, 14 dias após a testagem direta e indireta do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ . O objetivo deste teste foi o de servir como parâmetro indireto de comparação, para verificar a fidedignidade da predição do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  obtido pela testagem indireta.

Os dados individuais, antropométricos e de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  direto e indireto foram analisados através da estatística descritiva (média, desvio-padrão e coeficiente de variação). A normalidade e a homogeneidade dos valores de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  foram determinados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Lilliefors) e Levene, respectivamente. Para a comparação das médias entre os dados de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  de teste e

reteste foi utilizada a análise de variância (ANOVA One-way) e teste Post Hoc (Tukey-b) para a localização das diferenças ( $p < 0,05$ ). A fidedignidade foi verificada através do coeficiente de determinação intraclasse e a validade foi verificada através do coeficiente de correlação inter-classe<sup>15</sup>. O pacote estatístico utilizado foi o SPSS v.s. 10.0.

## Resultados

Observamos na Tabela 1, a estatística descritiva composta por média, desvio-padrão e coeficiente de variação referentes às variáveis idade, massa e estatura.

Na Tabela 2, encontram-se os resultados da estatística descritiva composta por média, desvio-padrão e coeficiente de variação dos valores de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  medido de forma direta e estimado. A Figura 1 permite-nos visualizar o resultado das médias dos valores de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  medidos nos três testes.

Os dados de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  apresentaram uma distribuição normal, apesar de não ter sido verificado homogeneidade (Tabela 3). Mesmo assim, deu-se prosseguimento aos testes paramétricos, pois, quando o número de ocorrências for semelhante em todos os grupos e o número da amostra for elevado ( $n > 50$ ), a violação da homogeneidade tem conseqüências mínimas na precisão dos resultados<sup>16</sup>.

Na Tabela 4, verificamos o resultado da análise de variância das médias dos valores de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  indireto, bem como os resultados dos coeficientes de determinação intraclasse e coeficiente de correlação interclasse dos testes de fidedignidade e validade. Os valores de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  entre os testes indiretos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. O teste de fidedignidade apresentou um coeficiente de determinação de  $r^2 = 0,71$ . Isso significa que o grau de confiabilidade verificado entre as duas predições de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  realizado pelo freqüencímetro Po-

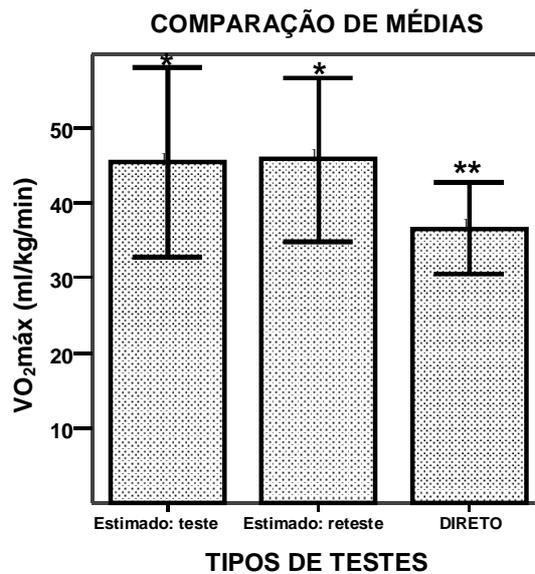
**Tabela 1** - Caracterização da amostra: média (c), desvio-padrão (s) e coeficiente de variação (CV) das variáveis idade, massa e estatura.

Variáveis	n	$\bar{x}$	$\sigma$	CV
Idade (anos)	61	21,2	$\pm 1,7$	8,3 %
Massa (Kg)	61	66,9	$\pm 12,3$	18,4 %
Estatura (cm)	61	170,3	$\pm 9,4$	5,5 %

**Tabela 2** - Média (c), desvio-padrão (s) e coeficiente de variação (CV) do  $VO_{2m\acute{a}x}$  direto e  $VO_{2m\acute{a}x}$  estimado: Teste e Reteste.

Variáveis	N	$\bar{x}$	$\sigma$	CV
$VO_{2m\acute{a}x}$ direto ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	61	36,5	$\pm 6,1$	16,6 %
$VO_{2m\acute{a}x}$ estimado: Teste ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	61	45,4	$\pm 12,6$	27,8 %
$VO_{2m\acute{a}x}$ estimado: Reteste ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ )	61	45,8	$\pm 10,9$	23,9 %

**Figura 1** - Médias dos valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  nos três testes.



lar M52 é aceitável<sup>17</sup>. Os valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  preditos pelo freqüencímetro são fidedignos, com boa reprodutibilidade (Figura 2).

Por outro lado, o teste de validade não apresentou o mesmo comportamento. Os valores dos coeficientes de correlação tanto para as condições teste ( $r=0,27$ ) e reteste

( $r=0,34$ ) não foram satisfatórias. Portanto, isso significa que o grau de acurácia da predição de  $VO_{2m\acute{a}x}$  pelo freqüencímetro é questionável. Analisando-se a Figura 3, poderemos visualizar o grau de associação entre os valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  medidos direta e indiretamente.

**Tabela 3** - Testes de Normalidade (K-S Lilliefors) para os dados de  $VO_{2\text{máx}}$  direto,  $VO_{2\text{máx}}$  estimado: Teste e  $VO_{2\text{máx}}$  estimado: Reteste e teste de Homogeneidade (Levene).

Testes	Estatística	P
$VO_{2\text{máx}}$ direto ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	0,085	0,200
$VO_{2\text{máx}}$ estimado: Teste ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	0,106	0,083
$VO_{2\text{máx}}$ estimado: Reteste ( $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ )	0,068	0,200
Homogeneidade: Levene	11,994	0,0001

Diferença estaticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

Analisando os resultados dos coeficientes de determinação e de correlação para os testes de fidedignidade e validade através da observação das Figuras 2 e 3, é possível verificar que a dispersão dos pontos do gráfico em relação a linha de tendência no teste de fidedignidade, representado pela Figura 2, é menor do que aquela encontrada nos testes de validade do freqüencímetro Polar M52, representado pela Figura 3. Percebemos que, no primeiro caso, esses pontos localizam-se, relativamente, próximos a linha

de tendência e seus valores seguem uma progressão com o aumento dos valores encontrados nos eixos "x" ( $VO_{2\text{máx}}$  indireto: Teste) e "y" ( $VO_{2\text{máx}}$  indireto: Reteste). Esse comportamento corresponde ao coeficiente de determinação encontrado para este teste. Entretanto, no segundo caso, não se percebe a mesma linearidade dos pontos do gráfico em relação a linha de tendência. Além destes pontos não apresentarem uma relação progressiva com o aumento dos valores dos eixos x ( $VO_{2\text{máx}}$  direto) e eixos y ( $VO_{2\text{máx}}$  estimado: Teste ou

**Tabela 4** - Anova One-way e coeficientes de determinação intra-classe para teste de fidedignidade e correlação interclasse para teste de validade.

Testes	Teste F	intra-classe ( $r^2$ )	p	Inter-classe (r)	P
Fidedignidade	12,066	0,71	p=0,001		
Validade Teste				0,27	p=0,031
Validade Reteste				0,34	p=0,007

Diferença estaticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

**Figura 2** - Fidedignidade entre as medidas do  $VO_{2\text{máx}}$ .

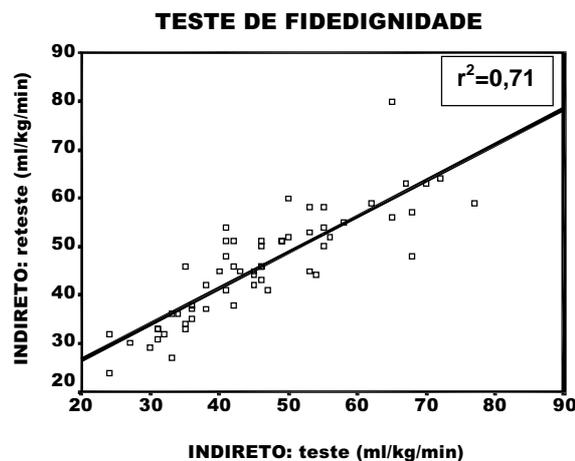
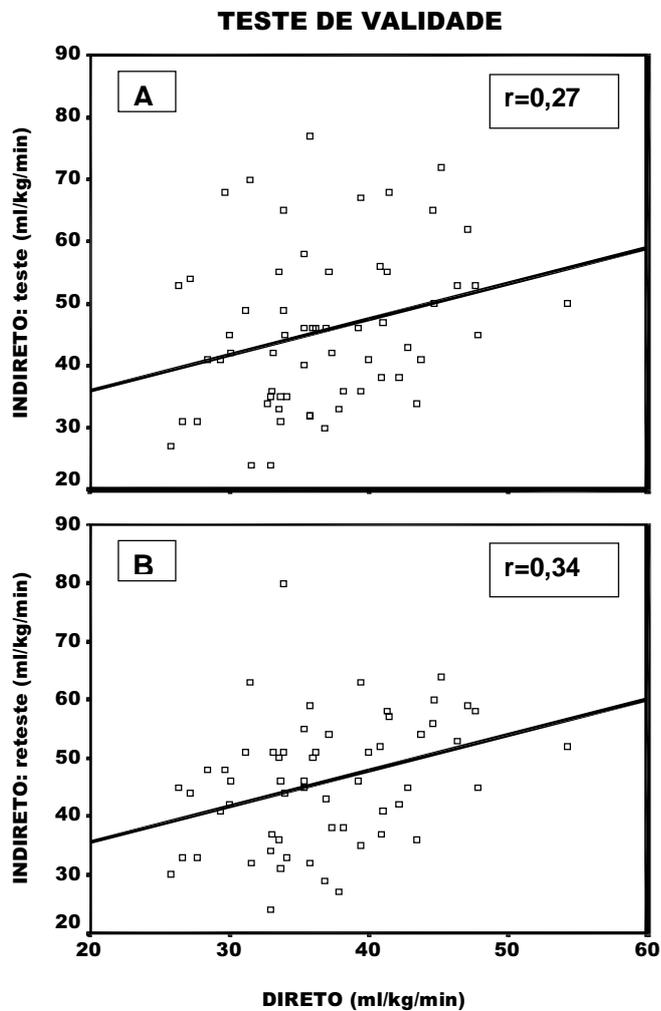


Figura 3 - Validade do  $VO_{2\text{máx}}$  estimado nas situações de teste e reteste.



$VO_{2\text{máx}}$  estimado: Reteste), muitos deles encontram-se bastante afastados desta linha. Esta mesma análise pode ser verificada através do baixo coeficiente de correlação verificado para esses dois testes considerado estatisticamente não aceitável para testes de validade ( $r=0,21$  e  $r=0,34$ )<sup>17</sup>.

### Discussão

Os resultados obtidos com os teste de validação da predição do  $VO_{2\text{máx}}$  realizados com o freqüencímetro não corresponderam com aqueles obtidos por outros pesquisadores. Segundo Väinämö et al<sup>9</sup>, o resultado do teste de validação do freqüencímetro apresen-

tou um coeficiente de correlação de 0,96, considerado excelente. Esse resultado foi obtido através da correlação do resultado de  $VO_{2máx}$  predito com o  $VO_{2máx}$  direto coletado durante teste de esforço máximo em cicloergômetro. Para Kinnunen et al<sup>12</sup>, que utilizaram o mesmo método de predição de  $VO_{2máx}$ , a correlação entre o  $VO_{2máx}$  medido direta e indiretamente foi de 0,93 para teste de esforço máximo realizado em cicloergômetro e 0,80 para teste máximo em esteira.

Apesar do sistema de predição de  $VO_{2máx}$  utilizado nestas pesquisas ter sido semelhante ao realizado no presente estudo, acreditamos que essa discordância deva-se as características da metodologia utilizada para a coleta do  $VO_{2máx}$  de forma direta. Enquanto que, na pesquisa atual, a coleta do  $VO_{2máx}$  direto deu-se através de um teste de esforço máximo realizado em esteira, nas pesquisas de Väinämö et al<sup>9</sup> e Kinnunen et al<sup>12</sup>, essa coleta ocorreu em um cicloergômetro. Essa foi, provavelmente, a causa das diferenças entre os resultados dos testes de validade do freqüencímetro Polar M52, utilizado para estimar o  $VO_{2máx}$  através da realização de um teste estando os indivíduos em repouso. Kinnunen et al.<sup>12</sup> realizaram, igualmente, comparações com os resultados de testes de esforço máximo direto em esteira, entretanto os autores não forneceram informações referentes a metodologia utilizada para a validação do teste de predição do  $VO_{2máx}$ .

A validade verificada pelos pesquisadores citados através da comparação dos dados de  $VO_{2máx}$  obtidos entre os testes diretos e indiretos, não levou em consideração um aspecto importante relacionado com o consumo de oxigênio: a especificidade do tipo de exercício físico realizado durante o teste máximo<sup>18</sup>. Menores índices de  $VO_{2máx}$  obtidos em testes de esforço máximo em cicloergômetro, são atribuídos a menores

valores de débito cardíaco, em razão de um volume sistólico reduzido, comparado com testes máximo realizados em esteira<sup>18,19</sup>. Acrescenta-se a esse fato uma diferença arterio-venosa diminuída<sup>19,20</sup>. Tais eventos devem-se a diferenças em fatores biomecânicos entre as duas formas de trabalho<sup>(18)</sup>. No cicloergômetro, a fase contrátil do ciclo contração-relaxamento é ligeiramente maior e o pico de carga é aproximadamente duas vezes a carga estabelecida. A corrida é muito mais um movimento balístico com uma fase muito curta de contração muscular<sup>19</sup>. Outros fatores envolvidos incluem: sustentação do peso corporal, envolvimento substancial de contrações excêntricas e grande recrutamento dos músculos flexores plantares em comparação com o quadríceps durante a corrida<sup>20</sup>. Em relação ao cicloergômetro, temos um substancial recrutamento do quadríceps levando, em muitos casos, a interrupção do teste por fadiga localizada<sup>18,20,21</sup>. Valores menores de  $VO_{2máx}$  são obtidos em cicloergômetro, quando os indivíduos não são especializados neste tipo de exercício<sup>20</sup>.

Realizando os testes máximos em esteira, os resultados de  $VO_{2máx}$  coletados de forma direta apresentariam valores de aptidão cardiorrespiratória mais elevados por representarem o resultado de um tipo de atividade física bastante comum a todos os indivíduos que é a marcha. Tanto a musculatura exigida como a cinemática da corrida possuem maiores semelhanças com a marcha do que com o cicloergômetro. Além disso, sabemos que a variável massa corporal representa uma sobrecarga a ser superada para a realização do trabalho durante um teste máximo em esteira, aumentando o consumo de oxigênio, ao contrário do cicloergômetro, no qual a influência da massa corporal sobre o consumo de oxigênio é reduzida por estar o indivíduo sentado sobre o selim.

A utilização do teste de esforço máximo em esteira representaria, dessa forma, um parâmetro mais apropriado para a validação do método indireto de predição do  $VO_{2máx}$  por meio do freqüencímetro. Entretanto, isso não se confirmou em nossa pesquisas. Talvez tenha sido essa a razão pela qual os pesquisadores anteriormente citados encontraram coeficientes de correlação considerados excelentes estatisticamente, ao compararem resultados de testes diretos mais baixos com os resultados preditos pelo freqüencímetro. Quando o  $VO_{2máx}$  predito pelo freqüencímetro foi comparado com resultados obtidos durante testes máximos em esteira, o coeficiente de correlação diminuiu bastante, tanto para Kinnunen et al.<sup>12</sup> como para o presente estudo. A diferença é que em nosso estudo a correlação foi ainda mais baixa.

Por essa razão, existem ainda dúvidas quanto o real comportamento da predição do  $VO_{2máx}$  através do freqüencímetro Polar M52, já que outros pesquisadores haviam verificado altos valores de coeficientes de correlação. De qualquer forma, deduzimos que a alta correlação encontrada nos estudos de Väinämö et al.<sup>9</sup> e Kinnunen et al.<sup>12</sup>, constatada na comparação de dados de  $VO_{2máx}$  coletados de forma direta e indireta, provavelmente ocorreu em função da metodologia utilizada para a realização dos testes de esforço máximo, executados através da utilização de cicloergômetro e, no caso do teste realizado através de esteira, não foram publicados dados acerca da metodologia empregada neste teste.

### **Conclusões**

O objetivo desta pesquisa foi o de verificar a validade e a fidedignidade do  $VO_{2máx}$  predito pelo freqüencímetro Polar M52. Os resultados alcançados, permitem-nos realizar as seguintes considerações: a) os valores

de  $VO_{2máx}$  preditos através do freqüencímetro Polar M52 e realizados durante repouso, apresentaram semelhanças estatisticamente significativas entre as situações teste e reteste, confirmando a sua fidedignidade e b) os valores de  $VO_{2máx}$  preditos através do freqüencímetro Polar M52 realizados durante repouso, apresentaram diferenças estatisticamente significativas com os valores de  $VO_{2máx}$  coletados durante teste de esforço máximo em esteira e dessa forma não apresentaram condições suficientes para determinar sua validação. Isso significa que apesar da predição da variável  $VO_{2máx}$  pelo freqüencímetro não ser válida, é confiável para verificar alterações no  $VO_{2máx}$  de indivíduos submetidos a teste e reteste.

Para futuros estudos, parece importante verificar a validade do  $VO_{2máx}$  predito pelo freqüencímetro Polar M52 para indivíduos de faixas etárias superiores daquelas utilizadas nesta pesquisa, comparando seus dados com  $VO_{2máx}$  medido de forma direta em testes de esforço máximo realizado em esteira e cicloergômetro. Além disso, verificar a capacidade do freqüencímetro em registrar o aumento ou a diminuição do condicionamento aeróbico de um grupo de indivíduos submetidos a um programa de treinamento e destreinamento.

### **Perspectivas de Aplicação**

Através dos resultados obtidos nessa pesquisa, podemos considerar que o freqüencímetro Polar M52 é um instrumento que não apresentou um alto grau de validade para a predição do  $VO_{2máx}$  em indivíduos avaliados na situação de repouso. Por outro lado, em função da boa fidedignidade encontrada, sua principal utilidade pode estar relacionada com a verificação da mudança no  $VO_{2máx}$  de indivíduos submetidos a um período de treinamento e/ou destreinamento.

---

## Referências Bibliográficas

1. Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C. 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;273:402-407.
2. American College of Sports Medicine. Position Stand on The Recommended Quantity of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory and Muscular Fitness, and Flexibility in Healthy Adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:975-991.
3. Fletcher GF, Balady CG, Froelicher VF, Hartley LH, Haskell WL, Pollock ML. Exercise standards: a statement for healthcare professionals from the American heart association. *Circulation* 1995;91:580-615.
4. Department of Health and Human Services (US). Physical Activity and Health: a report of the Surgeon General. Atlanta, GA: U.S.A. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
5. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J. et al. Exercise standards for testing and training. *Circulation* 2001;104:1694-1740.
6. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance. 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
7. Shoenfeld Y, Keren G, Birnfeld Ch, Sohar E. Age, weight and heart rate at rest as predictors of aerobic fitness. *J. Sport Med. Phys. Fitness* 1981;21:377-382.
8. Jackson AS, Blair SN, Mahar MT, Wier LT, Ross RM, Stuteville JE. Prediction of functional aerobic capacity without exercise testing. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:863-870.
9. Väinämö K; Nissilä, S; Mäkilallio, T; Tulppo, M; Röning, J. Artificial neural networks for aerobic fitness approximation. Proceedings of the International Neural Network ICNN, Washington, DC, 1996 June 3-6;4:1939-1944.
10. Väinämö K, Mäkilallio T, Tulppo M, Röning J. A neuro-fuzzy approach aerobic fitness classification: a multistructure solution to the context-sensitive feature selection problem. Proceedings of the International Neural Network ICNN, Anchorage, Alaska, USA, 1998 May 4-9.
11. Väinämö K, Mäkilallio T, Tulppo M, Röning J. MS-Windows software for aerobic fitness approximation: neuro aerobic. The 10<sup>th</sup> Scandinavian Conference on Image Analysis. Lappeenranta, Finland, 1997 Jun 9-11.
12. Kinnunen, H; Väinämö, K; Hautala, A; Mäkilallio, T; Tulppo, M; Nissilä, S. et al. Artificial Neural Network in predicting maximal aerobic power. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32(5) Suppl:1535.
13. Laukkanen R, Kinnunen H, Kiuru E. Scientific development and evaluation of the Polar Fitness Test™. Polar Electro Oy [online]. 1999 Apr [cited 2000 May 18]. Available from: URL: <http://www.polar.fi/research/articlelibrary/dld4r5z7Y6IA.html>.
14. Polar Electro Oy. Manual of Polar M52 heart rate monitor. Rio de Janeiro: Polar Electro Oy, 2000.
15. Thomas JR, Nelson JK. Research methods in physical activity. 3<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
16. Pestana MH, Gageiro JN. Data analysis for social science: the complementary of SPSS. Lisboa: Edições Sílabo, 1998.
17. Malina RM, Bouchard C. Growth, maturation and physical activity. São Paulo: Roca, 2002.
18. McArdle WD, Katch FI, Pechar GS. Comparison of continuous and discontinuous treadmill and bicycle tests for  $\dot{V}O_{2max}$ . *Med Sci Sports Exerc* 1973;5:156-160.
19. Faulkner JÁ, Roberts DE, Elk RL, Conway J. Cardiovascular responses to submaximum and maximum effort cycling and running. *J. Appl. Physiol* 1971;30:457-461.
20. Tanaka H. Effects of cross-training. *Sports Med* 1994;18:330-339.
21. Wilmore JH, Davis JÁ, O' Brien RS, Vodak PA, Walder GR, Amsterdam EA. Physiological alterations consequent to 20-week conditioning programs of bicycling, tennis, and jogging. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12:01-08.