

# Estudo comparativo de métodos para a predição do consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio em atletas\*

Fabio Mahseredjian<sup>1</sup>, Turíbio Leite de Barros Neto<sup>2</sup> e Antonio Sérgio Tebexreni<sup>3</sup>

## RESUMO

A aplicação de uma bateria de testes de avaliação da aptidão física em laboratório envolve uma série de equipamentos sofisticados, principalmente quando o objetivo é a determinação da potência aeróbia (consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio).

Os equipamentos para obtenção desses índices são de alto custo financeiro e requerem profissionais com bom conhecimento, técnico e científico, para seu manuseio, além da impossibilidade de sua utilização para aplicar testes em grande escala.

A análise da distância percorrida para determinado tempo ou, ainda, o tempo gasto para percorrer uma metragem prefixada, têm sido muito utilizados com o objetivo de estimar, ou refletir, a aptidão aeróbia, tanto em crianças como em adultos.

A proposta deste estudo foi a de analisar a correlação entre os valores de consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ ) obtidos num teste de campo, no caso o teste de Cooper (TC), com os determinados através de método direto, em laboratório, além da tentativa de validar este teste de campo e outro, denominado teste de 4.000 metros, na predição do limiar anaeróbio (LA).

Foram avaliados 63 jogadores de futebol de campo, com idade variando entre 15 e 20 anos; todos os atletas foram submetidos a três testes, sendo o primeiro realizado em laboratório e os dois subsequentes em pista de atletismo, no prazo máximo de sete dias.

No primeiro teste, realizado em esteira rolante, determinouse o  $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$  e o limiar anaeróbio ventilatório (LAV), com o

uso de um sistema metabólico computadorizado; nos testes subsequentes, realizados em campo, seguiu-se, respectivamente, o protocolo preconizado por Cooper (TC) e uma corrida de 4.000 metros, em que se determinou o tempo gasto para o percurso determinado.

Foi calculado o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) e obtiveram-se como resultados:

- A velocidade do LA mostrou correlação direta significativa ( $r = 0,60$  para  $p < 0,05$ ) com a velocidade média no TC;
- A velocidade do LA mostrou correlação direta significativa ( $r = 0,74$  para  $p < 0,05$ ) com a velocidade média no T 4.000;
- O  $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$  determinado pelo método direto não mostrou correlação significativa com o  $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$  determinado através do TC ( $r = 0,23$  para  $p < 0,05$ ).

Os resultados sugerem a imprecisão do teste de Cooper na predição do  $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$  para essa população e a possibilidade da utilização de testes de campo, por exemplo, os realizados no presente estudo, para a predição do limiar anaeróbio. O teste de 4.000 metros apresentou maior precisão do que o teste de Cooper no intuito de predizer a velocidade do limiar anaeróbio.

**Palavras-chave:** Testes de campo. Consumo máximo de oxigênio. Limiar anaeróbio. Predição.

## ABSTRACT

### *Comparative study of methods to predict the maximal oxygen uptake and anaerobic threshold in athletes*

*The application of a battery of tests for evaluation of the physical aptitude in laboratory involves a series of highly sophisticated equipment, mainly when the objective is the determination of the aerobic potency (maximum oxygen uptake and anaerobic threshold).*

*The equipment is of high financial cost and requests professionals with good technical and scientific knowledge to handle it, and also, it is impossible to use it in the application of tests in large scale.*

*The analysis of the distance run in a certain period of time or, yet, the time used for a distance set previously, has been a lot used with the goal of estimating or reflecting the aerobic aptitude in children and in adults.*

\* Trabalho realizado no Centro de Medicina da Atividade Física e do Esporte (Cemafe), órgão da Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina, e no Santos Futebol Clube.

1. Mestre em Reabilitação pela Unifesp-EPM; Fisiologista do Santos Futebol Clube.
2. Coordenador do Cemafe; Fisiologista do São Paulo Futebol Clube.
3. Doutor em Cardiologia pela Unifesp-EPM; Cardiologista do Cemafe.

## Endereço para correspondência:

Universidade Federal de São Paulo-Escola Paulista de Medicina  
Cemafe (Centro de Medicina de Atividade Física e do Esporte)  
Rua Pedro de Toledo, 338  
04039-001 – São Paulo, SP  
E-mail: mahser@zaz.com.br

The proposal of this study was to analyze the correlation of the Cooper test (CT) with the values of maximum consumption of oxygen ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) determined through direct method, besides the attempt of validating this field test and another test called the test of 4,000 meters, in anaerobic threshold (AT prediction).

Sixty-three players of field soccer were appraised with ages between 15 and 20 years. The athletes were submitted to three tests, one of them was accomplished at the laboratory and the others in the athletics track, in a maximum period of seven days.

The laboratory test consisted of the determination of the  $\dot{V}O_{2\max}$  and ventilatory anaerobic threshold (VAT), through analysis of the gaseous changes in a metabolic system analysis on a Vacumed (model CPX Silver edition) Imbramed ergometric treadmill (model ATL 10200), with measurement of the heart rate (HR) with the Polar brand (model Accurex Plus). The first field test followed the protocol determined by Cooper and the second one consisted of a race of 4,000 meters, when determination of the time spent for the preset course was made.

The coefficient of linear correlation of Pearson was calculated ( $r$ ) and the following results were obtained:

- The speed of LA showed direct significant correlation ( $r = 0.60$  for  $p < 0.05$ ) with the medium speed in CT.
- The speed of LA showed direct significant correlation ( $r = 0.74$  for  $p < 0.05$ ) with the medium speed in T 4000.
- The  $\dot{V}O_{2\max}$  determined by the direct method did not show significant correlation with the  $\dot{V}O_{2\max}$  ( $r = 0.23$  for  $p < 0.05$ ) determined through CT.

The results suggest that the CT has not the precision required for the prediction of the  $\dot{V}O_{2\max}$  for this population and the possibility of its use for the field tests, like those performed in the present study, in order to obtain the prediction of the anaerobic threshold, and the 4,000 meters test presented larger precision than the CT when the goal is to predict the speed of the anaerobic threshold.

**Key words:** Field tests. Maximal oxygen uptake. Anaerobic threshold. Prediction.

## INTRODUÇÃO

A aplicação de uma bateria de testes de avaliação da aptidão física em laboratório envolve uma série de equipamentos altamente sofisticados, principalmente quando o objetivo é a determinação da potência aeróbia (consumo máximo de oxigênio e limiar anaeróbio)<sup>1-4</sup>.

Os equipamentos empregados são de alto custo e para sua correta utilização necessita-se de profissionais com bom conhecimento técnico e científico, além de haver impossibilidade de aplicação dos testes em grandes populações<sup>1-5</sup>.

A análise da distância percorrida em determinado tempo ou, ainda, o tempo necessário para percorrer uma metragem prefixada, têm sido muito utilizados com o objetivo de esti-

mar ou refletir a aptidão aeróbia, tanto em crianças como em adultos<sup>6</sup>.

Em 1968, um estudo realizado por Cooper<sup>7</sup> estabeleceu um protocolo de caminhada ou corrida com tempo fixo de 12 minutos, objetivando determinar a distância percorrida nesse tempo. Observou-se nesse estudo, com 47 soldados da Força Aérea norte-americana, com idade variando de 17 a 54 anos e peso de 52 a 123kg, alta correlação ( $r = 0,91$ ) entre a distância percorrida em 12 minutos de caminhada e corrida (teste de Cooper) e os valores do consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2\max}$ ) expresso em valores relativos (ml/kg/min.). A partir desse, outros trabalhos foram apresentados no intuito de analisar a correlação observada por Cooper, além da tentativa de validação de outros protocolos.

Em outro estudo, realizado na Universidade de Glasgow com 22 jovens saudáveis do sexo masculino (idade =  $22,1 \pm 2,4$  anos e peso =  $72,4 \pm 8,9$ kg), foram comparados os resultados do teste de Cooper (TC), teste multiestágio (TM) e o teste submáximo realizado em bicicleta ergométrica (TSB) com mensuração direta do  $\dot{V}O_{2\max}$  realizada em esteira ergométrica. O TC apresentou alta correlação ( $r = 0,92$ ) com a mensuração direta enquanto o TM e o TSB apresentaram menor correlação ( $r = 0,86$  e  $r = 0,76$  respectivamente)<sup>8</sup>.

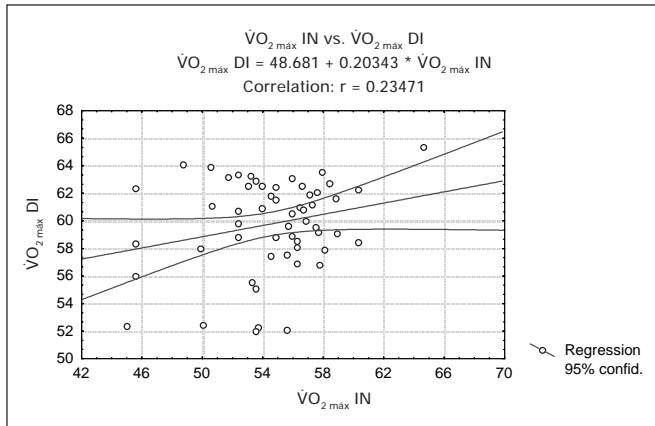
Outros pesquisadores mostram baixa relação entre o TC e a capacidade aeróbia. Num estudo com meninos de 11 a 14 anos a correlação foi de  $r = 0,65$ ; já em outro realizado com 26 atletas do sexo feminino a correlação entre o TC e os valores de  $\dot{V}O_{2\max}$  foi de  $r = 0,70$  e, ainda outro similar, com 36 atletas do sexo feminino não treinadas, apresentou baixa correlação ( $r = 0,67$ )<sup>9-11</sup>.

A literatura mostra uma quantidade enorme de trabalhos no intuito de validar protocolos para a predição do  $\dot{V}O_{2\max}$ , o mesmo não ocorrendo para com o outro índice de avaliação funcional denominado limiar anaeróbio (LA).

Nos indivíduos adultos o LA parece expressar com maior fidedignidade a função aeróbia em comparação com outros índices como, por exemplo, o  $\dot{V}O_{2\max}$ <sup>12-14</sup>.

Em estudo realizado por Conconi *et al.* (1982) foi desenvolvido um teste de campo para a determinação do LA baseado na relação entre a velocidade de corrida e a frequência cardíaca. O LA foi definido como o ponto de deflexão para a frequência cardíaca plotado ou marcado contra a taxa de trabalho, apresentando altíssima correlação ( $r = 0,99$ ) para com o limiar de lactato (LL). A partir desse, outros estudos foram realizados comparando esse método (Conconi) com o limiar anaeróbio ventilatório (LAV), apresentando também correlação significativa ( $r = 0,88$ )<sup>15,16</sup>.

Um trabalho realizado com integrantes das Forças Armadas da Nova Zelândia teve por objetivo comparar dois testes de campo com a análise das trocas gasosas realizada em laboratório. Os testes de campo consistiram da mensuração do tempo de corrida gasto para percorrer uma distância de 2,4km e a distância percorrida em 12 minutos, enquanto o teste de labo-



**Gráfico 1** – Correlação entre os valores de  $\dot{V}O_2$  máximo determinado através de método direto e previsto pelo teste de Cooper

ratório foi realizado em esteira ergométrica, todos num período de uma semana. O tempo para corrida de 2,4km mostrou correlação significativa tanto para o  $\dot{V}O_2$  máximo ( $r = 0,83$ ) quanto para o LA ( $r = 0,81$ ). Já para a distância percorrida em 12 minutos a correlação foi menor, tanto para o  $\dot{V}O_2$  máximo ( $r = 0,71$ ) quanto para o LA ( $r = 0,70$ )<sup>17</sup>.

## OBJETIVOS

Como foi observado na introdução, existem vários trabalhos que mostram a correlação do TC para com valores de  $\dot{V}O_2$  máximo, sendo alguns resultados com maior e outros com menor correlação. Dessa forma, um dos objetivos deste estudo foi analisar a correlação do TC para com valores de  $\dot{V}O_2$  máximo, determinado com uso de metodologia direta, em um grupo de jogadores de futebol jovens.

Observamos também a existência de poucos trabalhos com proposta de estabelecer um protocolo para a predição do LA, o que nos possibilita, como outro objetivo, criar e validar um teste de campo para a predição do LA.

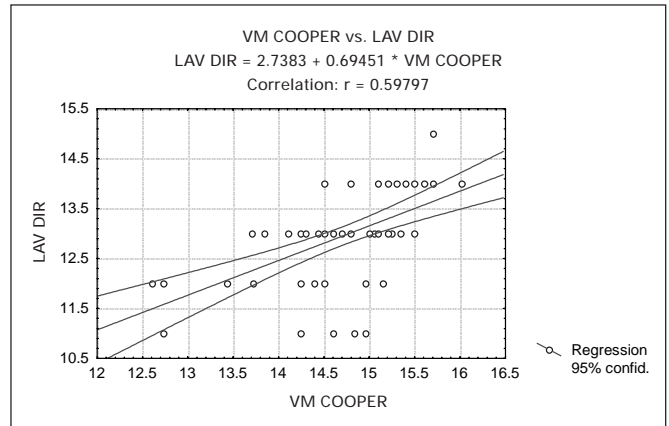
## CASUÍSTICA

Foram avaliados 63 jogadores de futebol de campo, do sexo masculino, com idade variando de 15 a 20 anos.

## METODOLOGIA

Realizamos três avaliações no período máximo de uma semana, como segue descrito:

1) Avaliação realizada em laboratório (método direto): teste ergoespirométrico máximo com o objetivo de determinar o  $\dot{V}O_2$  máximo e o LAV, utilizando-se sistema computadorizado de análise metabólica (*Vacumed*, modelo Vista CPX Silver Edition) monitorando o comportamento da frequência cardíaca (FC) com freqüencímetro (*Polar*, modelo Accurex Plus), em esteira ergométrica (*Imbramed*, modelo ATL 10.200). Seguimos um protocolo contínuo de cargas crescentes, iniciando com velocidade de 9km/h por dois minutos e com aumento da



**Gráfico 2** – Correlação entre o limiar anaeróbico ventilatório expresso em velocidade (km/h) e a velocidade média obtida do teste de Cooper (km/h)

velocidade da ordem de 1km/h por minuto até 15km/h, com posterior incremento de rampa da ordem de 5% por minuto até o atleta atingir a exaustão. O  $\dot{V}O_2$  máximo foi expresso em valores relativos (ml/kg/min) e o LAV em velocidade (km/h).

2) Corrida de 12 minutos: teste realizado em pista de atletismo com o objetivo de avaliar a distância percorrida para o tempo de 12 minutos; dessa forma foi possível a predição do  $\dot{V}O_2$  máximo utilizando-se equação proposta por Cooper e a determinação da velocidade média para o referido tempo<sup>7</sup>.

3) Corrida de 4.000 metros: teste realizado em pista de atletismo com o objetivo de avaliar o tempo gasto para percorrer o determinado percurso (4.000m), sendo possível a determinação da velocidade média para a distância percorrida.

4) Análise estatística: foram realizados testes de correlação de Pearson, testes para comparação de curvas e regressão linear com nível crítico adotado de 5%<sup>18</sup>.

## RESULTADOS

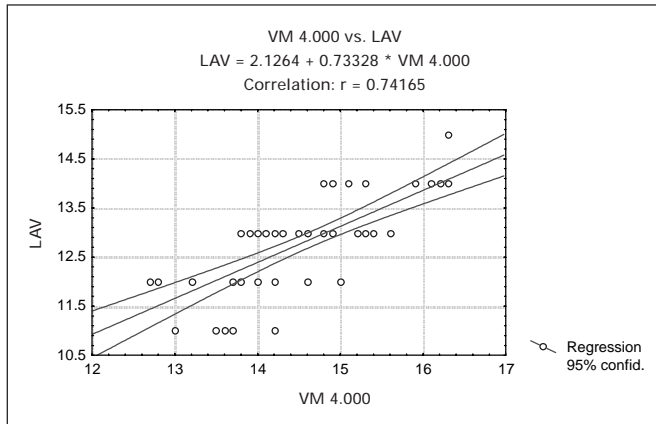
### Consumo máximo de oxigênio

Pelos resultados obtidos pudemos observar que no teste de laboratório a média do  $\dot{V}O_2$  máximo foi de  $59,77 \pm 3,28$ ml/kg/min, enquanto os valores médios do  $\dot{V}O_2$  máximo encontrados no teste de Cooper foram de  $54,49 \pm 3,78$ ml/kg/min (gráfico 1).

Pela análise estatística, testada pelo coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), foi calculada a correlação entre o  $\dot{V}O_2$  máximo determinado pelo método direto e o  $\dot{V}O_2$  máximo obtido no teste de Cooper, apresentando como resultado  $r = 0,23$ , não significativa para a amostra de 58 atletas.

### Limiar anaeróbico

Para a predição da velocidade do limiar anaeróbico pela velocidade média obtida no teste de Cooper foram avaliados 63 atletas. A média da velocidade do limiar anaeróbico ventilatório foi de  $12,87 \pm 3,27$ km/h, enquanto os valores médios da velocidade média determinada através do teste de Cooper foram de  $14,71 \pm 0,77$ km/h (gráfico 2).



**Gráfico 3** – Correlação entre o limiar anaeróbio ventilatório expresso em velocidade (km/h) e a velocidade média obtida do teste de 4.000 metros (km/h)

A presença de correlação foi testada pelo coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) e pela análise de regressão linear. A partir da correlação significativa de  $r = 0,60$ , entre a velocidade média no teste de Cooper e o parâmetro limiar anaeróbio ventilatório, expresso em velocidade (km/h), foi construído um modelo de regressão linear (fórmula 1) apresentando erro de estimativa de 64%.

#### Fórmula 1

$$LA\ predito\ (km/h) = 2,73825 + 0,69451 \times VM\ Cooper$$

$$r^2 = 0,36$$

$$r = 0,60 \quad p < 0,001^* \quad n = 62$$

Adotou-se o nível de significância de 0,001. Níveis descritivos inferiores a esse valor foram considerados significantes.

Na predição da velocidade do limiar anaeróbio pela velocidade média obtida no teste de 4.000 metros, foram avaliados 63 atletas. A média da velocidade do limiar anaeróbio ventilatório foi de  $12,87 \pm 0,91$  km/h, enquanto os valores médios da velocidade média determinada através do teste de 4.000 metros foram de  $14,66 \pm 0,92$  km/h (gráfico 3).

A presença de correlação foi testada pelo coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) e pela análise de regressão linear.

A partir da correlação significativa de  $r = 0,74$ , entre a velocidade média no teste de 4.000 metros e o limiar anaeróbio ventilatório, expresso em velocidade (km/h), foi construído um modelo de regressão linear (fórmula 2), apresentando erro de estimativa de 45%.

#### Fórmula 2

$$LA\ predito\ (km/h) = 2,12644 + 0,73328 \times VM\ 4.000m$$

$$r^2 = 0,55$$

$$r = 0,74 \quad p < 0,001^* \quad n = 63$$

Adotou-se o nível de significância de 0,001. Níveis descritivos inferiores a esse valor foram considerados significantes (gráfico 3).

## DISCUSSÃO

Em conseqüência dos objetivos propostos e dos resultados obtidos no presente trabalho, podemos discutir criticamente a análise das variáveis estudadas em função dos resultados da literatura e das conclusões a serem obtidas.

### Consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2\ max}$ )

Em nosso estudo, observamos correlação baixa e não significativa ( $r = 0,29$ ) entre o  $\dot{V}O_{2\ max}$ , determinado pelo método direto ( $59,77 \pm 3,28$  ml/kg/min), e pelo teste de Cooper (TC) ( $54,49 \pm 3,78$  ml/kg/min).

McArdle *et al.* observaram redução drástica no coeficiente de correlação de  $r = 90$  para  $r = 0,59$ , quando a amostra foi restrita a pequena variação de idade, em estudo realizado com 36 indivíduos do sexo feminino<sup>19</sup>. Não podemos deixar de levar em consideração que o protocolo proposto por Cooper foi realizado com integrantes da Força Aérea norte-americana, todos indivíduos do sexo masculino e com grande variação de idade. Podemos, portanto, levantar a hipótese de que o TC, para mostrar boa correlação com o método direto, requer uma amostra de significativa variação de faixa etária, o que certamente não é a característica de nosso grupo.

Bunc (1994) relatou a afirmação do parágrafo anterior em estudo, no qual propôs um método simples para estimar a *performance* aeróbia em 229 indivíduos do sexo masculino e 153 do feminino, todos europeus, em que o elemento básico dessa avaliação de campo foi a velocidade média para a distância de 2.000 metros<sup>20</sup>.

Vários outros estudos foram realizados a fim de prever o  $\dot{V}O_{2\ max}$ , para diferentes faixas etárias. Carey & Frommelt (1995) submeteram 16 indivíduos a quatro avaliações, sendo uma direta, realizada em esteira ergométrica, e outras três de campo, seguindo os protocolos de teste de caminhada de Rockport (TCR), teste cicloergométrico de Astrand *Rhyiming* (TCAR) e teste de 2,4 quilômetros de corrida (TC 2,4km), respectivamente, concluindo que é possível a utilização do TCR e do TCAR na predição do  $\dot{V}O_{2\ max}$ , o mesmo não ocorrendo para o TC 2,4km<sup>21</sup>.

Em outro trabalho, realizado por Chin *et al.* (1994), foram avaliados 21 jogadores de futebol pertencentes à categoria juniores com média de idade de  $17,3 \pm 1,1$  anos. O  $\dot{V}O_{2\ max}$  foi obtido, pela análise das trocas gasosas, apresentando valores médios de  $58,60 \pm 2,90$  ml/kg/min<sup>22</sup>. Encontramos ainda na literatura, em estudo realizado por Barros *et al.* (1998), com atletas do futebol brasileiro, com idade entre 16 e 19 anos, determinação do  $\dot{V}O_{2\ max}$ , através de metodologia direta, em que os valores obtidos ficaram na média de  $58,21 \pm 4,40$  ml/kg/min<sup>23</sup>.

Quando comparamos os resultados obtidos em nosso estudo, no que tange ao  $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ , determinados pela análise das trocas gasosas, podemos observar valores similares àqueles obtidos nos estudos de Chin *et al.* (1994) e Barros *et al.* (1998), para a mesma faixa etária.

Não encontramos, na literatura, trabalhos que utilizaram o protocolo de Cooper, para amostras com as mesmas características da nossa, utilizadas no intuito de prever o  $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$ , a não ser no trabalho já mencionado em nossa introdução, realizado com indivíduos da Força Aérea da Nova Zelândia (1984), que apresentou correlação de 0,71 entre o método direto e o teste de Cooper, ressaltando que a variação de faixa etária foi maior do que a de nosso estudo.

### Limiar anaeróbio

Após a análise estatística, observamos que a correlação entre a velocidade média determinada, através do teste de Cooper, e a velocidade do limiar anaeróbio, obtida pela análise das trocas gasosas, foi de 0,60, enquanto a correlação entre a velocidade média do teste de 4.000 metros e o limiar anaeróbio, expresso em velocidade (km/h), foi de 0,74, ressaltando que ambas foram significativas.

Tanaka *et al.* (1985) propuseram uma fórmula para a predição do consumo de oxigênio do limiar anaeróbio, após estudarem 53 corredores do sexo masculino, com idade entre 17 e 23 anos. Nesse estudo foram consideradas variáveis independentes na equação de predição o  $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$  e o tempo gasto para uma corrida de 1.500 metros. Os valores preditos pela equação apresentavam alta correlação ( $r = 0,927$ ) com os valores de  $VO_2$  do limiar obtidos por medida direta<sup>24</sup>.

A potência crítica, outro método não invasivo, tem sido utilizado no intuito de prever o limiar anaeróbio ventilatório, o limiar de lactato, o limiar de fadiga e o  $\dot{V}O_{2\text{ máx}}$  (Hill, 1993)<sup>25</sup>. Guaraldo *et al.* (1998) estudaram a eficiência desse método de predição do limiar de lactato, em 7 indivíduos do sexo masculino, com idade entre 16 e 17 anos. Os resultados obtidos mostraram diferenças significantes para  $p < 0,05$  (teste *t* de Student), o que levou os autores a concluir que a potência crítica é um protocolo que superestima o limiar anaeróbio em adolescentes<sup>26</sup>.

Em nossa pesquisa bibliográfica observamos o quanto a literatura é pobre em trabalhos que objetivam a validação de protocolos para a predição do limiar anaeróbio. Esse fato fica mais evidente quando procuramos estudos que expressam o limiar anaeróbio em velocidade de corrida (km/h).

Insistimos nesse assunto, pois observamos, com o decorrer dos anos, a necessidade de apresentar os resultados dos testes de avaliação da aptidão física, mais especificamente os testes de potência aeróbia, de forma clara e objetiva, para que os profissionais que atuam na área do treinamento esportivo possam vir a utilizar esses resultados com finalidade prática, podendo assim respeitar a individualidade biológica de seus atletas.

A experiência nos mostra ser de fundamental importância nos programas de preparação física no futebol, particularmente com atletas jovens, a expressão de velocidade da corrida específica para o treinamento aeróbio com dados individuais.

Como já apresentado na introdução deste estudo, a determinação da potência aeróbia, por metodologia direta, não é disponível para grande parte da população, seja de atletas ou não, devido às dificuldades de sua aplicação. A elaboração de uma equação para a predição do limiar anaeróbio é de fundamental importância para o preparador físico, desde que apresente, como variável independente, valores obtidos por meio de testes de simples execução, sem que haja a necessidade de utilização de aparelhos, ou ainda alta complexidade na interpretação dos resultados. Assim, propusemos duas equações para a predição do limiar anaeróbio, elaboradas por regressão linear, baseada na velocidade média obtida como resultado do teste de Cooper (1), e outra na velocidade média do teste de 4.000 metros (2). Temos então:

- (1) LA (km/h) = 2,73825 + 0,69451 \* VM Cooper
- (2) LA (km/h) = 2,12644 + 0,73328 \* VM 4.000

Como já demonstrado nos trabalhos em que a faixa etária foi restrita, este fato dificultou regressão linear com maior coeficiente de correlação. Mesmo assim, encontramos em nosso estudo coeficientes de correlação significativos, quando analisamos a relação entre o teste de Cooper ( $r = 0,60$ ) e o teste de 4.000 metros ( $r = 0,74$ ) com o método direto. Observamos, portanto, que a dispersão é relativamente maior nos resultados apresentados pelo teste de Cooper e menor nos obtidos no teste de 4.000 metros. O erro de estimativa, quando da utilização da equação, baseada na velocidade média do teste de Cooper, é de 64%, enquanto para a equação baseada no teste de 4.000 metros é de 45%.

Podemos levantar algumas hipóteses que explicariam a maior correlação, a menor dispersão e o erro de estimativa do teste de 4.000 metros, em relação ao teste de Cooper na predição do limiar anaeróbio.

Uma das hipóteses fica evidenciada pela própria distância a ser percorrida no teste de 4.000 metros, o que propicia maior participação do metabolismo oxidativo na produção de energia, em comparação com o teste de Cooper, já que a maior distância percorrida nesse foi de 3.142 metros no presente estudo. Outra hipótese seria decorrente da diferença de execução de um teste, em que o objetivo é a determinação do tempo gasto para uma distância fixa, no caso, o teste de 4.000 metros, e outro em que determinamos a distância percorrida para um tempo predeterminado, preconizado pelo protocolo de Cooper. Para a amostra estudada fica evidente, no presente estudo, a maior afinidade para com o teste de 4.000 metros.

Assim, este trabalho sugere existir menor erro de predição na determinação da velocidade do limiar anaeróbio através da velocidade média, obtida no teste de 4.000 metros em relação ao teste de Cooper.

Não temos dúvida da importância deste estudo para fins de utilização prática na área do treinamento esportivo, pois não encontramos na literatura nenhum tipo de análise com o objetivo de fornecer dados individuais acerca da intensidade de trabalho para o desenvolvimento da potência aeróbia, por testes de simples aplicação.

Sugerimos aos profissionais da área certa cautela ao utilizar as equações propostas neste estudo para a predição da velocidade do limiar anaeróbio; vale lembrar que, apesar da significância da correlação, o erro de estimativa pode ser considerado elevado. Devemos ressaltar que o fato mencionado acima não impede, de maneira alguma, a utilização dessas equações, já que as correlações são significantes. Devemos ainda lembrar que o protocolo proposto por Astrand, utilizado a fim de prever o consumo máximo de oxigênio, apresenta erro de estimativa em torno de 25%, o que não impediu que fosse largamente difundido internacionalmente.

Entendemos que o presente trabalho atingiu os objetivos propostos, o que nos estimula na elaboração e execução de outros estudos utilizando amostras com maior heterogeneidade, levando à hipótese de que esse fator poderá contribuir para a obtenção de regressão linear mais precisa e, conseqüentemente, com menor erro de estimativa.

## CONCLUSÕES

O teste de Cooper demonstrou grande imprecisão na predição do consumo máximo de oxigênio, sugerindo não ser essa a melhor opção para a avaliação da potência aeróbia em atletas de futebol jovens.

É possível a utilização de testes de campo, como os realizados no presente estudo, para a predição do limiar anaeróbio expresso em velocidade (km/h).

O teste de 4.000 metros mostrou-se mais preciso do que o teste de Cooper na predição da velocidade do limiar anaeróbio.

## AGRADECIMENTOS

À Saúde Unicór pelo apoio financeiro na aquisição de equipamentos para utilização no presente estudo.

## REFERÊNCIAS

- Carey P, et al. Comparison of oxygen uptake during maximal work on the rowing ergometer. *Med Sci Sports* 1974;6:101.
- Hermiston R, Faulkner JA. Prediction of maximal oxygen uptake by stepwise regression technique. *J Appl Physiol* 1971;30:833.
- Wyndham CH. Submaximal tests for estimating maximum oxygen uptake. *Can Med Assoc J* 1967;96:736.
- Wyndham CH, et al. Studies of the maximum capacity of men for physical effort. Part I. A comparison of methods of assessing the maximum oxygen uptake. *Int Z Angew Physiol* 1966;22:285.
- Docherty D. Testing aerobic power, capacity and performance. In: Bar Or, editor. *Textbook The child and adolescent athlete*, Chap. 35, 1996.
- Wasserman K. *Textbook Principles of exercise testing and interpretation*, Chap. 4, 1994.
- Cooper K. Correlations between field and treadmill testing as a means for assessing maximal oxygen intake. *JAMA* 1968;203:201.
- Grant S, Corbett K, Amjad AM, Wilson J, Aitchison T. A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake. *Br J Sports Med* 1995;29:147-52.
- Maksud MG, Coutts KD. Application of the Cooper twelve minute run-walk to young males. *Res Q* 1971;42:54.
- Maksud MG, et al. Energy expenditure and  $VO_{2\max}$  of female athletes during treadmill exercise. *Res Q* 1976;47:692.
- Katch FI, et al. Maximum oxygen intake, endurance running performance, and body composition in college women. *Res Q* 1973;44:301.
- Reybrouck T, Ghesquiere J, Cattaert A, Fagard R, Amery A. Ventilatory thresholds during short- and long term exercise. *J Appl Physiol* 1983; 55:1964-1700.
- Reybrouck T, Ghesquiere J, Weymans M, Amery A. Ventilatory threshold measurement to evaluate maximal endurance performance. *Int J Sports Med* 1986;7:26-9.
- Wasserman K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am Rev Respir Dis* 1984;129:533-40.
- Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol* 1982;52:869-73.
- Baraldi E, Zanconato S, Sanfuz PA, Zacchello F. A comparison of two noninvasive methods in the determination of the anaerobic threshold in children. *Int J Sports Med* 1989;10:132-4.
- O'Donnell C, Smith DA, O'Donnell TV, Stacy RJ. Physical fitness of New Zealand Army personnel, correlation between field tests and direct laboratory assessments, anaerobic threshold and maximum oxygen uptake. *N Z Med J* 1984;97:760,476-9.
- Levin J. *Estatística aplicada a ciências humanas*. 2ª ed. São Paulo: Harbra, 1987:391p.
- McArdle WD, Hatch FI, Katch VL. *Exercise physiology: energy, nutrition and human performance*. 4th ed. Baltimore, Maryland, USA: Williams & Wilkins, 1996:849p.
- Bunc V. A simple method for estimating aerobic fitness. *Ergonomics* 1994;37:159-65.
- Carey DG, Frommelt B. Comparison of the validity of 3 field exercise tests in the prediction of maximal oxygen-consumption. *Biol Sport* 1995;12:15-24.
- Chin MK, So RC, Yuan YW, Li RC, Wong AS. Cardiorespiratory fitness and isokinetic muscle strength of elite Asian junior soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 1994;34:250-7.
- Barros TL, Lotufo RFM, Tebexreni AS, Zogaib PSM, Freire E, Neves RJ, et al. Padrão de referências de jogadores de futebol profissional – Aptidão física cardiorrespiratória. *Rev Soc Cardiol Est São Paulo* 1998; 8(Supl B):28.
- Tanaka K, Nakagawa T, Hazama T, Matsuura Y, Asano K, Iseki T. A prediction equation for indirect assessment of anaerobic threshold in male distance runners. *Eur J Appl Physiol* 1995;54:386-90.
- Guaraldo SA, Denadai MLDR. Determinação da intensidade correspondente ao limiar anaeróbio através da potência crítica. XXI Simpósio Internacional de Ciências do Esporte, anais nº 174, 1998.