

Relação Entre VO₂ máximo & Desempenho Físico.

JORGE LUIZ DOS SANTOS DE SOUZA;

LUIZ OSÓRIO CRUZ PORTELLA.

Laboratório de Fisiologia do Exercício e Desempenho Humano

Centro de Educação física e Desportos - UFSM-RS

INTRODUÇÃO

O consumo máximo de oxigênio é referido por Jones e Carter (2000), Pettersen et Al (2001), Lehance & Bury, (2008), Burnkley e Jones (2007) como o melhor índice da aptidão aeróbia, enquanto para Wiswell et Al (2000) e Midgley (2007) é um importante determinante fisiológico da performance de corrida de meia e longa distância, também denominada de endurance.

O VO₂max é considerado um dos melhores índices de saúde. A associação americana de cardiologia (AHA) utiliza o VO₂máx de 40 ml (kg.min)⁻¹ para homens e 32 ml (kg.min)⁻¹ para mulheres, na faixa de idade de 40 a 49 anos, como referência à uma baixa probabilidade de adquirir doenças cardiovasculares, ACSM (2003). Sendo um índice de performance é utilizado para classificar, comparar estados orgânicos de diferentes grupos de pessoas, selecionar atletas, prescrever atividade física, e possibilitar prognósticos de desempenho de endurance, etc. Nos periódicos científicos seu uso possibilita, por exemplo, decidir sobre a igualdade ou desigualdade de desempenho de endurance entre o grupo de controle e experimental e a presença ou ausência de efeito a partir da significância estatística.

O fundamento às mencionadas aplicações é a forte correlação entre o VO₂máx e o tempo ou distância de corrida, que é reportada por diferentes autores (Hagberg & Coyle, 1983, Fox e Bowers, 1991, MacArdle, Katch e Katch, 1998). No entanto, em seu artigo de revisão Coyle (1995) demonstra claramente as limitações do VO₂máx como variável explicativa para o desempenho de endurance. Não é novo o conhecimento, de que a capacidade de endurance pode variar consideravelmente em grupo que possui o

mesmo VO_2 máx, Coyle (1995, 2008). Conforme relata Denadai et al. (2004), apesar dos valores atuais de VO_2 máx serem os mesmos de 10 anos atrás, houve, comparativamente, um aumento significativo no desempenho de endurance dos corredores.

Os exemplos anteriormente citados demonstram as dificuldades de se diferenciar desempenho de endurance através do VO_2 max. Em função destes resultados e outras críticas, Noakes (1985) questiona a validade dos testes de VO_2 máx para fins de prognóstico de desempenho de corredores de endurance.

Um dos aspectos críticos a ser enfatizado é o uso dos protocolos de testes em sentido abrangente para grupos de pessoas. A variação dos dados pode ser grande, mesmo em grupos ditos “homogêneos”. A diferenciação de desempenho individual é uma característica que vai de encontro à validade geral do protocolo. Sabe-se que o consumo máximo de oxigênio pode ser influenciado pelos métodos de avaliação, nível e especificidade de treinamento, idade, motivação. Estes fatores podem modificar a relação entre o VO_2 máx e distância de corrida e são também a base de diferentes testes de predição do consumo de oxigênio.

Sendo assim, o interesse específico deste estudo é investigar a relação entre VO_2 máx e distância percorrida em um grupo de homens e mulheres, com diferentes níveis de aptidão física, participantes de um programa de atividade física voltado à saúde. A relação entre as variáveis serão verificadas utilizando-se dos dados individuais dos praticantes e das médias de VO_2 máx, realizadas conforme intervalo de classificação quantitativa da AHA. A importância da verificação do coeficiente de regressão entre VO_2 máx e distância de corrida tem função de corrigir as mudanças que podem ocorrer na relação sempre que se trata de grupos específicos. Neste sentido o grupo de estudo representa apenas um exemplo do que pode ser encontrado na investigação desta população. Em decorrência da alteração das características pessoais, mudanças no coeficiente de correlação apresentam repercussão prática. Vários estudos (Lehance & Bury, 2008, Abe et Al, 2007, Burnkley e Jones, 2007, Inger, 2007, Fawkner et Al, 2002), reportam fortes coeficientes de regressão entre VO_2 máx e distância, porém a maior parte se concentra no grupo de atletas. Se o VO_2 max é usado como índice de performance de endurance, é importante também demonstrar a

variação da distância que pode ocorrer dentro de determinado coeficiente de correlação.

METODOLOGIA

As informações para este estudo foram obtidas no banco de dados do projeto Prevencárdio do HUSM-CEFD/UFSM. Foram incluídas no grupo de estudo 52 pessoas, sendo 30 mulheres (média de idade 46,93 DP= 5,36 anos e $VO_2máx$ 30,39 DP= 4,90 $ml.(kg/min)^{-1}$) e 22 homens (média de idade 47,06 DP= 4,71 e $VO_2máx$ 40,60 DP= 7,13 $ml.(kg/min)^{-1}$)

O teste ergoespirométrico foi realizado em esteira rolante (Imbramed 1020 com o uso do analisador de gases VMax 229 da Sensormedics. A inclinação da esteira foi mantida a 1% e a velocidade teve um aumento de 1,8 km/h a cada 5 minutos. A velocidade inicial foi 5,4 km/h e a fadiga foi usada como critério de interrupção do teste. A recuperação durou cinco minutos, sendo dois caminhando a 5 km/h e três em repouso.

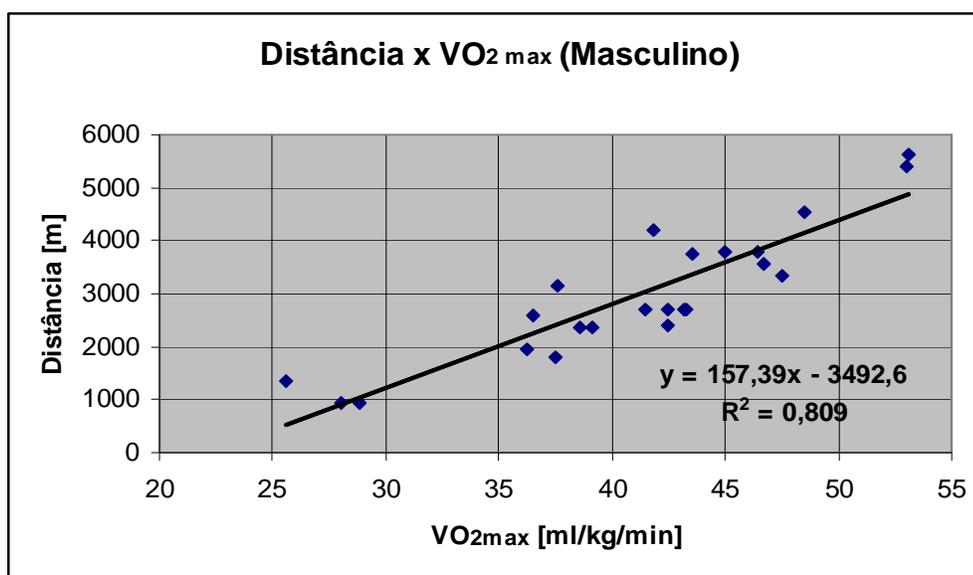
De acordo com o consumo máximo de oxigênio os sujeitos foram separados em 6 grupos, seguindo a classificação da Associação Americana de Cardiologia (AHA). Foram tomadas as médias de $VO_2máx$ dos sujeitos dentro de cada intervalo de consumo máximo de oxigênio previsto pela AHA.

Para a análise estatística foram utilizadas equações de regressão entre o $VO_2máx$ e a distância que cada indivíduo percorreu. A mesma regressão também foi feita utilizando-se a média de $VO_2máx$ em cada grupo e a média da distância percorrida.

RESULTADOS & DISCUSSÕES

O gráfico abaixo demonstra a relação encontrada no grupo masculino entre distância percorrida e consumo máximo de oxigênio, considerando os valores individuais de teste.

Gráfico 1 - Regressão: Distância percorrida x VO₂máx (Masculino)



O resultado da regressão dos valores individuais, para o grupo Masculino, mostra um alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,809$) indicando que em apenas 19 % dos casos a variação da distância percorrida não pode ser explicada pelo VO₂máx. Tomando como base o coeficiente de determinação, o VO₂máx é capaz de explicar 75% dos casos da variação de velocidade, e 84% da variação do tempo. Conforme demonstrado na tabela 1, o grau de confiança é alto.

No entanto, apesar dos fortes coeficientes de determinação e correlação ($R^2 = 81\%$, $r = 0,90$) a diferença na distância percorrida pode ser grande. Por exemplo, entre os valores de VO₂máx de 41,8 e 42,5 ml.(kg/min)⁻¹, encontrou-se casos onde a diferença da distância percorrida foi de 1800m.

Tabela 1 - Correlação entre Consumo máximo de Oxigênio (VO₂máx), tempo (min) e velocidade (VEL) (km/h) no grupo Masculino

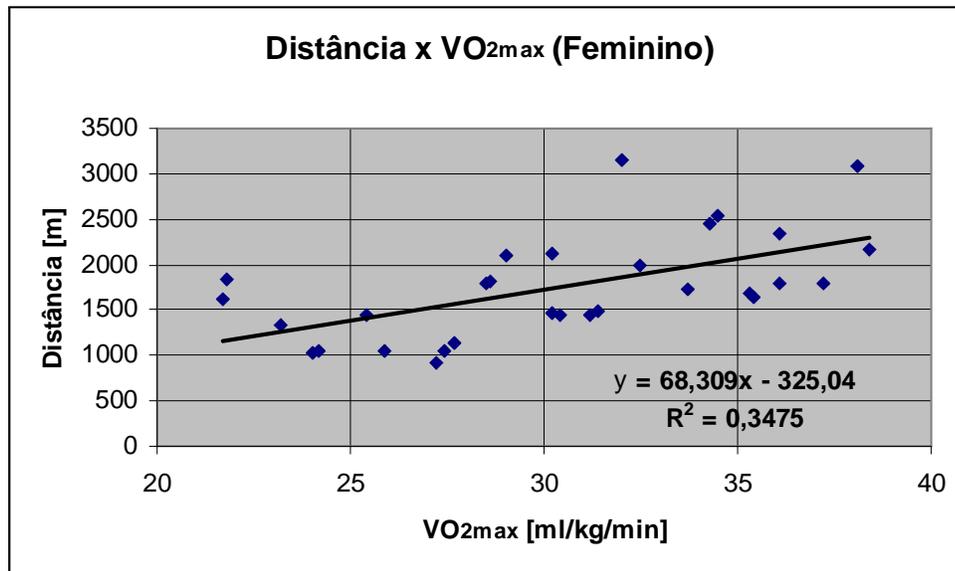
Masculino (n = 23)		VEL	T	DIST
VO2	r (Pearson)	0,866**	0,917**	0,899**
	P	0,000	0,000	0,000

O resultado de correlação do VO₂max com o tempo foi superior ao encontrado com a distância percorrida. O coeficiente de correlação do VO₂max com o VCO₂max (r = 0,556 p < 0,01) foi moderado. Um baixo coeficiente foi encontrado para correlação das variáveis ergoespirométricas (VEmax, RQmax, VEO₂max) com o VO₂max e com a velocidade, tempo e distância de corrida.

Basset e Howley: (2000), relatam uma forte correlação do VO₂máx com o tempo e a velocidade de corrida. Costill et al. (1973) encontrou, em sujeitos com VO₂max entre 54.8 to 81.6 mL(kg/min)⁻¹, um índice de correlação r = - 0.91 entre VO₂max e tempo de corrida nas 10 milhas. Millet e Bentley (2004) investigaram no cicloergômetro homens e mulheres triatletas. Observaram, quando da inclusão de todos os indivíduos estudados, um coeficiente de correlação de 0,80 entre o tempo da prova de triatlo e o VO₂max. (p < 0,001). Os altos valores de correlação são usados para fundamentar a aceitação do VO₂max como um importante índice fisiológico de desempenho e, conforme refere Midgley (2006), “determinante da performance em corridas de média e longa distância.

O gráfico 2 apresenta a equação de regressão entre distância e VO₂max no grupo feminino.

Gráfico 2 - Regressão: Distância percorrida x VO₂máx (Feminino)



No gráfico 2 a dispersão dos dados em relação a reta é bem maior do que a encontrada para o grupo masculino. Observa-se uma considerável variação da distância de corrida para valores bem próximos de VO₂máx. Em uma distância de corrida bem próxima, por exemplo, entre 1800 a 1900m encontram-se mulheres com VO₂máx variando entre 22 a 37 ml.(kg/min)⁻¹. Aproximadamente 500m de diferença foi encontrado neste grupo para VO₂máx de 36 ml.(kg/min)⁻¹. Com 38,1 e 38,4 ml.(kg/min)⁻¹ observam-se dois pontos com diferença de distância de 917,5m.

No grupo feminino a distancia percorrida pode ser explicada pelo VO₂max em 35% dos casos, os restantes 65% não encontram explicação na relação.

Tabela 2 - Correlação entre Consumo máximo de Oxigênio (VO₂máx), tempo (min) e velocidade (VEL) (km/h) no grupo Feminino.

Feminino (n=30)		VEL	TEMPO	DIST
VO2	r (Pearson)	0,437*	0,602**	0,590**
	P	0,016	0,000	0,001

p < 0,05 *, p < 0,01**

No grupo feminino, o coeficiente de correlação do VO_2 máx com a distância e com o tempo é moderado. A relação do VO_2 máx com a velocidade é fraca.

As variáveis ergoespirométricas VCO_2 max e VEO_2 max apresentaram uma fraca correlação com o VO_2 max, e nenhuma relação dessas foi constatada com RQ max e VE max.

Uma fraca correlação foi encontrado na relação entre VEO_2 com a velocidade ($r=0,47$, $p < 0,01$), tempo ($r=0,44$ $p < 0,05$) distância de corrida ($r=0,44$ $p < 0,05$).

Em função do coeficiente de correlação o VO_2 max apresentou-se como um deficiente indicador da performance de endurance no grupo feminino, o que aumenta a possibilidade de erro.

O baixo nível de treinamento, o grau de motivação para a performance e a pouca resistência psicológica ao desconforto do teste de esforço são algumas características mais marcantes no grupo feminino, que influenciam o resultado e podem ser apontadas como responsáveis pela baixa correlação entre VO_2 máx e distância percorrida.

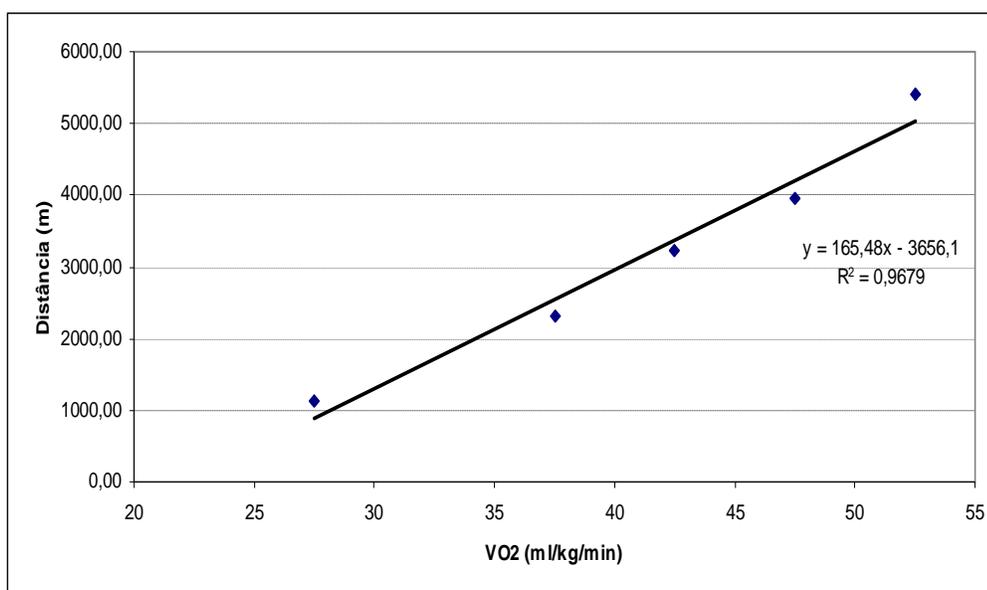
Os resultados mostram que a metodologia de medição adotada para o grupo feminino precisa ser reestruturada com a finalidade de diminuir a variação e melhorar o resultado da relação entre VO_2 máx e distância. Modificações no protocolo de teste podem contribuir para a finalidade de aumentar o coeficiente de correlação e diminuir a variação. Entretanto este é um problema básico do método. Todo o protocolo de referência deverá manter relação de adequação com o estado de treinamento, vivência de movimento, e vários outros aspectos de natureza individual, cuja variabilidade é muito difícil de controlar. A construção de um protocolo especial e com ampla abrangência não parece poder ser correspondida no sentido geral. Essa existência é uma premissa de teste, do paradigma de investigação das ciências naturais.

Portanto, para o grupo das mulheres, o uso do VO_2 máx como indicador do desempenho de endurance, apresenta a grande deficiência de não discriminar suficientemente da distância de corrida. O mesmo se observa no grupo masculino, porém em uma menor dimensão quantitativa, devido ao maior coeficiente de correlação.

Uma das aplicações do VO_2 máx é na saúde, classificações como da AHA seguem intervalos de VO_2 máx que denotam estados funcionais ou risco de doença cardiovascular.

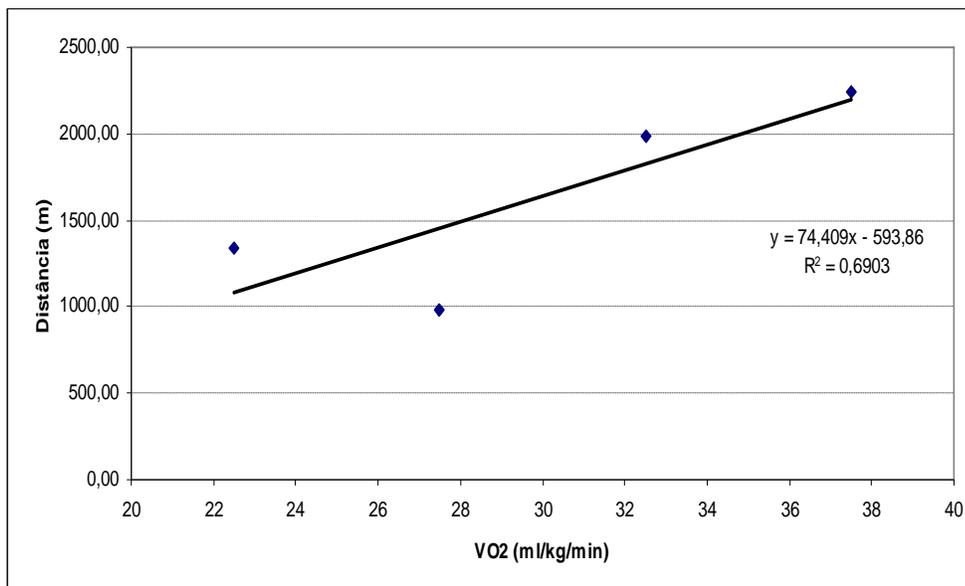
A relação do VO_2 máx com a distância ou tempo de corrida dentro dos intervalos de classificação fixados pela AHA, que adota um intervalo de $5 \text{ ml}(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}$ de VO_2 , encontram-se na equação de regressão dos gráficos 3 e 4.

Gráfico 3 – Regressão: Distância percorrida x VO_2 máx (Masculino)



Os coeficientes de determinação e correlação obtidos no gráfico 3 são maiores que no 1. Uma maior capacidade de explicação da relação VO_2 máx e distância percorrida é obtida com o uso das respectivas médias, dentro dos intervalos estipulados de classificação de VO_2 máx, em comparação aos dados individuais, gráfico 1. A mesma tendência é vista no grupo feminino.

Gráfico 4 – Regressão: Distância percorrida x VO₂máx (Feminino)

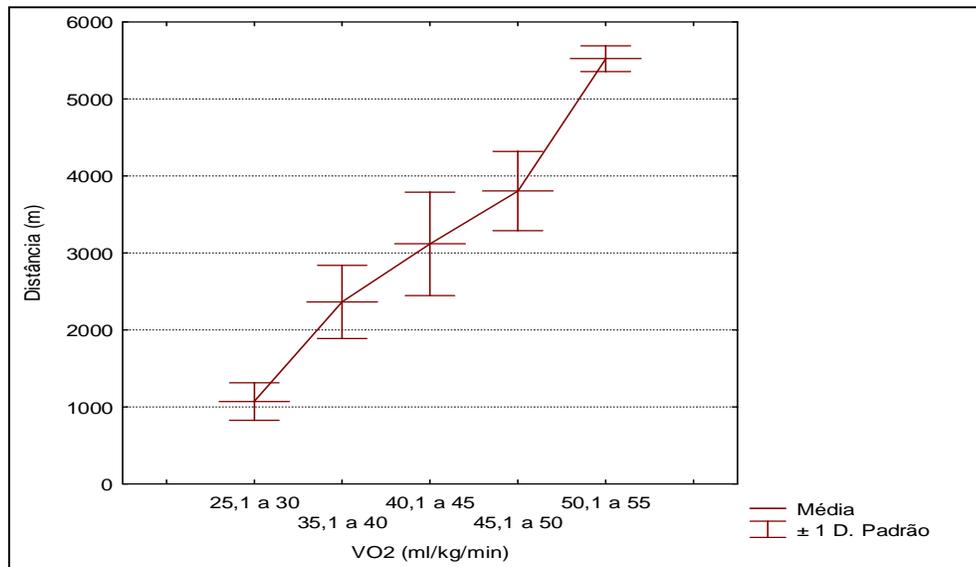


Ao analisar a regressão entre as médias de VO₂máx e de distâncias nos correspondentes intervalos de VO₂máx, observa-se que os pontos encontram-se muito próximos da reta demonstrando uma melhor relação do que a apresentada no gráfico 2. O coeficiente de determinação é mais alto, demonstrando que o VO₂máx pode explicar em 70% dos casos da variação da distância de corrida.

Esta forma de expressão demonstra uma maior capacidade do VO₂máx em prever a capacidade de endurance.

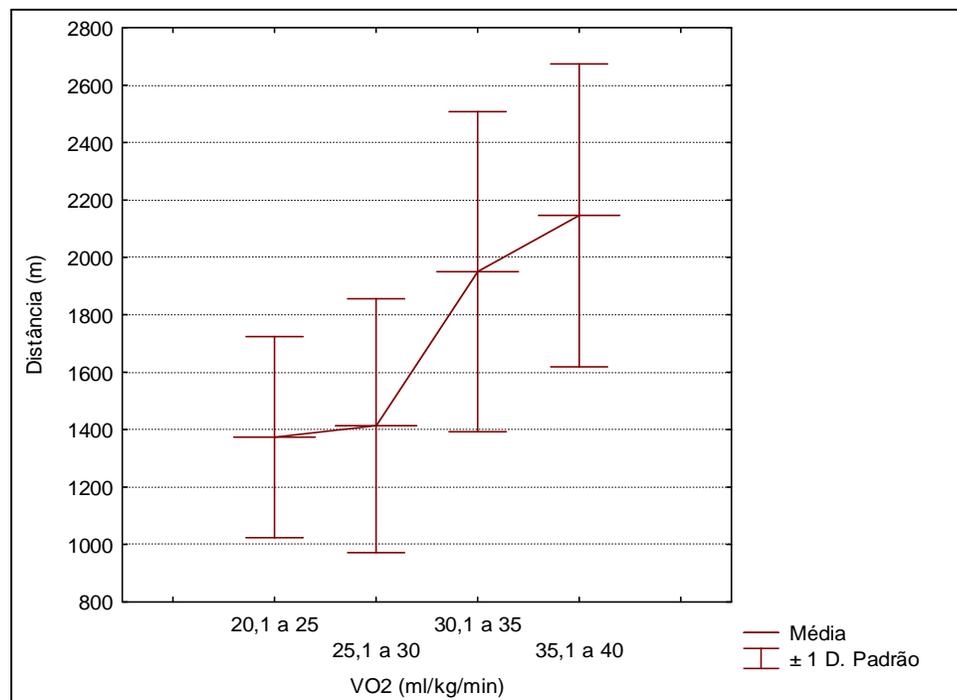
A demonstração de maior coeficiente de correlação e determinação pode, erroneamente, causar a impressão de que há menor variação dos dados. Por este motivo é importante a forma de apresentação dos Gráficos 5 e 6.

Gráfico 5 -Média e Desvio Padrão: Distância percorrida x VO₂máx segundo classificação AHA (masculino)



Esta forma de apresentação permite perceber melhor a variação dos dados em cada faixa de VO₂máx e para o forte coeficiente de regressão encontrado.

Gráfico 6 -Média e Desvio Padrão: Distância percorrida x VO₂máx segundo classificação AHA (feminino)



Desta maneira se percebe a dimensão de variação de endurance que pode estar presente em um alto coeficiente de correlação encontrado para a distância e o VO_2 máx. Vários artigos científicos que se utilizam de médias de VO_2 máx para representação da endurance não apresentam claramente este comportamento

Conclusão

O VO_2 máx é um índice fisiológico de performance de endurance e é esta uma das finalidades da realização de testes de consumo máximo de oxigênio. Se este é um dos fins, o VO_2 máx deveria, necessariamente, ser capaz de diferenciar o desempenho de endurance. Isso ocorreu com uma menor variação no grupo masculino do que o feminino investigado. Um alto coeficiente de correlação significa uma redução da variação, porém não a elimina ou informa em quanto.

Apesar diferentes autores (Withers et Al, 2000, Sargent et Al, 2002, Riechman et Al, 2002, Midgley et Al, 2007) apresentarem o VO_2 máx através de altos coeficientes de correlação com o tempo ou distância de corrida, se mantém a limitação do mesmo como preditor do desempenho de endurance, que fica visível na variação encontrada.

Noakes (2008) faz críticas à medida de VO_2 máx e propõe modificações à estrutura de avaliação. Se um dos interesses buscados é a avaliação da performance de endurance, isso deverá ocorrer sem dúvida. Uma das premissas básicas para a avaliação da performance de endurance é a diferenciação da medida, da escala utilizada e esta só é possível de forma rudimentar com o VO_2 máx.. Ao contrário de Noakes (2008) não acreditamos que somente a mera mudança de estrutura, entendida na dimensão nos argumentos apresentados pelo autor, seja suficiente proporcionar uma maior discriminação da performance de endurance através da medida de VO_2 máx. Desta forma, apenas será proporcionado uma redução da variação, porém não na dimensão necessária para diferenciar a endurance na dimensão exigida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lehance, C. & Bury, T. Testing Aerobic Power. **Revue Medicale de Liege**. 63 (7-8). 500-3. Jul-Aug. 2008.

Burnkley, M. & Jones, A.M. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. **European Journal of Sport Science**, V: 7, N° 2, P: 63 – 79, 2007.

Mac Ardle, W. D.; Katch, F.I. & Katch, V.L. **Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. Editora Guanabara Koogan, 4° edição, Rio de Janeiro – RJ 1998.

Fox, E.L.; Bowers, R.W. & Foss, M.L. **Bases fisiológicas da educação física e dos desportos**. Editora Guanabara Koogan, 4° edição, Rio de Janeiro – RJ 1991.

Coyle, E.F. Integration of the Physiological Factors Determining Endurance Performance Ability. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 1995.

Powers, S.K. & Howley, E.T. **Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho**. Editora Manole, 3° Edição; Barueri, SP; 2000.

Withers, R., Gore, C., Gass, G. & Hahn, A. Determination of maximal oxygen consumption (VO₂ max) or maximal aerobic power. In: C. J. Gore. **Physiological tests for elite athletes**. Human Kinetics, Sidney. 2000.

American College of Sports Medicine, **Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição**, Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2003.

Denadai, B.S.; Ortiz, M.J. & Mello, M. T. Índices Fisiológicos Associados com a Performance Aeróbia em Corredores de Endurance: Efeitos da Duração da Prova. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 5, set/out 2004.

Sargent, C. et al. Maximal oxygen Uptake and metabolism are normal in chronic fatigue syndrome. **Medicine Science Sports & Exercise**. N° 34, V: 1, p: 51-56, 2002.

Midgley, A.W.; McNaughton, L.R. & Jones, A. M. Training to enhance the physiological determinants of long-distance running performance: can valid recommendations be given to runners and coaches based on current scientific knowledge? **Journal Of Sports Medicine**.; V: 37 (11):1000, 2007.

Astrand, P.O; Rodahl, K.; Dahl, H.A.. & Stromme, S.B. **Tratado de Fisiologia do Trabalho: Bases Fisiológicas do Exercício**, Artmed, Porto Alegre, 2006.

Abe, D. Et Al. Assessment of middle-distance running performance in sub-elite young runners using energy cost of running. **European Journal of Applied Physiology**, N°: 77, p:320-325, 1998.

Ingjer, F. Maximal oxygen uptake as a predictor of performance ability in women and men elite cross-country skiers. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. N°: 1, V: 1, P: 25-30, 2007.

Wiswell, R.A. et al. Maximal aerobic power, lactate threshold, and running performance in master athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. N°: 6, V: 32, P.: 1165-1170, 2000.

Hagberg, J.M. & Coyle, E.F. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. **Journal of Medicine Science and Sports**. N°: 15, V: 4, p.: 287-289, 1983.

Fawkner, S.G. et al. Oxygen uptake kinetics in children and adults after the onset of moderate intensity exercise. **Journal of Sports Sciences**. N°: 4, V: 20, p.: 319-326, 2002.

Jones, A.M, Carter, H. The Effect of Endurance Training On Parameters Of Aerobic Fitness. **Journal of Sports Medicine**, N°: 29, P: 373–386, 2000.

Petterssen, S.A. et al. The correlations between peak oxygen uptake and running performance in children and adolescents. Aspects of different units. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. N°: 11, V: 4, p: 223-228, 2001.

Riechman, S.E. et al. Prediction of 2000m indoor rowing performance using a 30s sprint and maximal oxygen uptake. **Journal of Sports Sciences**, N°: 9, V: 20, P.: 681-687, 2002.

Bassett Jr., D.R. & Howley, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, N°: 1, V: 32, p.: 70–84, 2000.

Saúde em Movimento, Tabelas de referência: Tabelas de consumo de oxigênio – AHA. Disponível em: < <http://www.saudeemmovimento.com.br> > Acesso em: 10/09/2008.