

**O CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE O EXERCÍCIO EM
CONDIÇÕES DE ALCALOSE RESPIRATÓRIA**

LUIZ OSWALDO CARNEIRO RODRIGUES
ULISSES DE PAULA FILHO
MARGARETH LEMOS CORTEZ
PAULO SERGIO MARTINO ZOGAIB
FÁTIMA R. P. TOLENTINO SILVA
LINEU FREIRE-MAIA

LAFISE - EEF - Universidade Federal de Minas Gerais, Caixa
Postal 2102 - Belo Horizonte - MG, CEP 30.161.

RESUMO

Para verificar o efeito da alcalose respiratória no consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) durante a cicloergometria 15 voluntários, $24,0 \pm 3,4$ anos, ativos fisicamente foram divididos em 2 grupos de 5 e 10 indivíduos, e estudados quanto a algumas variáveis fisiológicas. No primeiro grupo mediu-se a ventilação, o consumo de oxigênio e produção de gás carbônico ($\dot{V}CO_2$) e dosou-se no sangue o pH e pressões parciais de oxigênio e gás carbônico, antes, durante e após 2 minutos de hiperventilação voluntária. No segundo grupo mediu-se apenas as variáveis respiratórias durante a cicloergometria com e sem hiperventilação prévia. Verificou-se que a alcalose respiratória não modificou a ventilação durante a cicloergometria mas o consumo de oxigênio aumen-

tou enquanto que a relação de trocas respiratórias e a eficiência mecânica foram reduzidas. Concluiu-se que a alcalose respiratória pode aumentar a captação de oxigênio durante a ergometria, sem aumentar a capacidade máxima de trabalho, devido ao efeito Bohr.

UNITERMOS: Alcalose respiratória, hiperventilação voluntária, ergometria.

ABSTRACT

Oxygen Consumption During Exercise in Respiratory Alkalosis Conditions

This study was conducted to verify the effects of the respiratory alkalosis on the oxygen consumption during a cycle ergometer exercise in 15 volunteers aging $24,0 \pm 3,4$ years, physically active, who were divided into two groups of 5 and 10 subjects respectively. In the first group, ventilation, oxygen consumption, CO₂ production and the pH and the O₂ and CO₂ partial pressures of the blood were assessed before, during and after two minutes of volunteer hyperventilation.

In the second group only the respiratory variables were measured during the cycloergometer exercise, both with and without previous voluntary hyperventilation.

It was verified that the respiratory alkalosis did not modify the ventilation and also that the oxygen consumption tended towards an increase during the exercise, while the respiratory exchange ratio and the mechanical efficiency decreased.

The results of this study suggest that respiratory alkalosis may increase the oxygen uptake during the cycle ergometer exercise, without increasing the maximal work capacity, due to the Bohr effect.

KEY WORDS: Respiratory alkalosis, volunteer hyperventilation, cycle ergometer exercise.

Introdução

A medida do consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) é amplamente empregada em diversas áreas científicas com a finalidade de se estudar o metabolismo corporal, a utilização de substratos e o custo energético das atividades físicas. Em especial, na fisiologia aplicada ao exercício, o $\dot{V}O_2$ max tem sido empregado como indicativo de capacidade física de seres humanos e de animais experimentais num determinado momento.

Sabe-se que as condições emocionais pré-competitivas ou antes das avaliações laboratoriais ergométricas, nas quais se mede o $\dot{V}O_2$, frequentemente são acompanhadas de um certo grau de ansiedade e que esta pode interferir no comportamento ventilatório dos indivíduos (Berger, 1982). Uma das manifestações da ansiedade sobre o padrão respiratório consiste na hiperventilação involuntária (HI), chegando mesmo a se constituir numa síndrome já conhecida e estudada (Lewis, 1953; Gorman, 1987; Gorman, 1988). A hiperventilação produz alcalose respiratória ao reduzir a pressão parcial do gás carbônico e a concentração hidrogeniônica (Davenport, 1973). Por sua vez, a alcalose modifica a afinidade do oxigênio pela hemoglobina (Efeito Bohr), o que, teoricamente, poderia interferir na captação de oxigênio ao nível dos pulmões ou na sua liberação ao nível dos tecidos (Lambertsen, 1980; Girotti, 1982). Portanto, pode-se supor que a alcalose respiratória desencadeada pela hiperventilação poderia interferir no $\dot{V}O_2$, resultando em fonte de erro nas medidas do $\dot{V}O_2$ realizadas rotineiramente. No entanto, a literatura nesta área não tem mencionado esta possibilidade (De Vries, 1974; Clarke, 1975; Gaesser, 1975; Astrand, 1980; Stainbsy, 1980; Berger, 1982; Fox, 1983; Hollman, 1983; Rocha, 1983; McArdle, 1984; Strauss, 1984; Barboza, 1987; Silva, 1988) e, entre os diversos pesquisadores que investigam o $\dot{V}O_2$, poucos foram os que estudaram os possíveis efeitos da alcalose respiratória sobre o transporte de oxigênio (Denning, 1980; Dempsey, 1975; Hampson, 1987).

Diante disso, desenvolveu-se este experimento, provocando-se alcalose respiratória através da hiperventilação voluntária (HV) e analisando-se o seu efeito sobre o $\dot{V}O_2$. Considerou-se necessário verificar, inicialmente, se a duração de dois minutos, escolhida para a HV, produziria alcalose respiratória ao nível dos indicadores sanguíneos para, a seguir, utilizá-la previamente a um exercício, durante o qual seria verificado o seu efeito sobre o $\dot{V}O_2$.

Métodos

Este estudo foi realizado com 15 voluntários do sexo masculino, sadios, fisicamente ativos, com média etária de $24,0 \pm 3,4$ anos, divididos em dois grupos de 5 e 10 indivíduos, respectivamente informados sobre as condições do teste e consentiram por escrito na sua realização.

No primeiro grupo coletou-se amostras de 5 ml de sangue venoso, em seringas heparinizadas, antes, durante e após um período de hiperventilação voluntária (HV) de dois minutos de duração, para a dosagem do pH, da pressão parcial do gás carbônico ($P\bar{V}CO_2$) e da pressão parcial do oxigênio ($P\bar{V}O_2$), segundo as técnicas de Grabow (1966) e Janis (1972). Simultaneamente registrou-se a ventilação ($\dot{V}E$), o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) e a produção de gás carbônico ($\dot{V}CO_2$), obtendo-se a partir destas medidas os valores para a relação de trocas respiratórias (R) (que se constitui na equação $R = \dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$). Estas medidas foram obtidas empregando-se a metodologia apropriada em um pneumotacógrafo acoplado e analisadores de conteúdo gasoso, marca Erich Jaeger, Alemanha (Paula-Filho, 1985). A HV foi conseguida solicitando-se aos indivíduos que ventilassem com a maior profundidade e frequência possíveis, enquanto era obtido o registro gráfico dessa ventilação, exortando-se verbalmente os voluntários para que mantivessem a ventilação durante os dois minutos necessários. Os valores do

CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE O EXERCÍCIO

$\dot{V}O_2$ e do $\dot{V}CO_2$ obtidos foram corrigidos para STPD, no caso da $\dot{V}E$, para BTPS, sempre que necessário. A duração de dois minutos para a HV foi escolhida baseando-se nos dados de Davenport (1973) e Eldridge (1973 e 1977).

No segundo grupo uma semana depois do primeiro grupo, mediu-se as variáveis ventilatórias e metabólicas, durante o protocolo ergométrico proposto por Katch (1971), que se constituiu em um exercício contínuo, realizado com velocidade constante (60 rpm) e intensidade progressiva (aumentos de 25 watt a cada dois minutos), até o esforço máximo, em bicicleta ergométrica de frenagem magnética e graduada em watt.

O estudo foi realizado sob duas condições experimentais: um exercício realizado sem interferência voluntária sobre a ventilação (controle - C) e, num outro dia, um exercício realizado imediatamente após a HV (experimental - HV).

A eficiência do trabalho (E%) foi calculada adotando-se a metodologia de Barboza (1987), considerando-se a carga constante por dois minutos, na seguinte fórmula:

$$E\% = \frac{W \cdot 2,3427 \cdot 10 \cdot 100}{(\dot{V}O_{2e} - \dot{V}O_{2b}) \cdot 5,01} = \frac{\text{Trabalho (Kcal)} \times 100}{\text{Energia (Kcal)}}$$

onde, W = potência no ergômetro, convertida de Watt para $\text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ (1 Watt = 6,12 $\text{Kg} \cdot \text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)

$\dot{V}O_{2e}$ = $\dot{V}O_2$ durante o exercício

$\dot{V}O_{2b}$ = $\dot{V}O_2$ basal.

Idealizou-se um delineamento estatístico destinado a controlar o efeito das medidas repetidas nos mesmos indivíduos e em dias subsequentes, assim como o efeito do treinamento sobre o procedimento experimental. Utilizou-se a análise de variância multivariada e a diferença mínima significativa ao nível de significância de p igual ou menor que 0,05. As variáveis não paramétricas foram submetidas ao teste de WILCOXON.

Resultados

A tabela 1 mostra os resultados obtidos em cinco indivíduos submetidos a dosagens sanguíneas do pH, $P\bar{V}CO_2$ e o $P\bar{V}O_2$ e as medidas ventilatórias antes, ao final e seis minutos após o período de HV.

TABELA 1 - Valores médios das medidas sanguíneas e ventilatórias.

	ANTES	FINAL	6 MIN
pH	7,32	7,38*	7,38*
$P\bar{V}CO_2$	48,70	39,20*	39,90*
$P\bar{V}O_2$	30,00	31,20	26,30
$\dot{V}E$	9,70	99,30*	11,50
$\dot{V}CO_2$	0,24	1,46*	0,23
$\dot{V}O_2$	0,29	0,97*	0,35

$P\bar{V}CO_2$ e $P\bar{V}O_2$ = pressão parcial do gás carbônico e do oxigênio, respectivamente, em mm HG;

$\dot{V}E$ = ventilação pulmonar, em l/min, em condições BTPS;

$\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}O_2$ = dióxido de carbono produzido e consumo de oxigênio, respectivamente, em l/min, em condições STPD.

(*)Este valor comparado a situação controle é significativamente diferente ao nível de $p < 0,05$.

Os dados indicam que a HV produzida foi capaz de aumentar a extração do CO_2 acima dos níveis de $\dot{V}O_2$ ($R > 1,0$), reduziu a $P\bar{V}CO_2$ e aumentou o pH, sem modificar a $P\bar{V}O_2$, caracterizando-se, portanto, uma situação de alcalose respiratória.

A tabela 2 mostra os resultados obtidos durante o exercício em bicicleta ergométrica nas duas situações experimentais: com e sem alcalose respiratória.

CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE O EXERCÍCIO

TABELA 2 - Valores médios das medidas ventilatórias e metabólicas durante o exercício na bicicleta ergométrica, realizado segundo o protocolo de Katch (1971), sem e com alcalose respiratória.

		REP	75	100	125	150	175	200	225	MAX
V̇E	C	9,50	23,1	30,2	38,5	45,9	53,4	65,0	77,8	84,2
	HV	8,30	22,1	27,8	38,0	46,1	54,9	67,0	77,9	92,3
V̇CO ₂	C	0,36	0,80	1,24	1,55	1,89	2,27	2,68	3,13	3,87
	HV	0,36	0,56*	1,00*	1,48	1,88	2,21	2,71	3,06	3,90
V̇O ₂	C	0,37	0,94	1,35	1,61	1,85	2,20	2,58	2,94	3,47
	HV	0,36	0,86	1,48	1,85*	2,10*	2,44*	2,81*	3,16*	3,85**
R	C	1,01	0,85	0,91	0,96	1,01	1,02	1,03	1,06	1,12
	HV	0,99	0,65*	0,66*	0,79*	0,89*	0,89*	0,90	0,96	1,02*
E%	C	-	38,4	30,3	28,9	28,7	26,9	25,5	24,6	-
	HV	-	44,0	27,0*	24,7*	25,0*	24,1*	23,2*	22,9	-

V̇E = ventilação pulmonar, em l/min, em condições BTPS;
V̇CO₂ = dióxido de carbono extraído, em l/min, em condições STPD;

V̇O₂ = consumo de oxigênio, em l/min, em condições STPD;

R = relação de trocas respiratórias;

E% = eficiência do trabalho, em porcentagem, calculada a partir do trabalho realizado e do oxigênio consumido;

REP = repouso;

C = exercício em condições de controle;

HV = exercício realizado após hiperventilação voluntária por dois minutos;

75-225 = potência no ergômetro, em watt;

MAX = valores máximos obtidos no experimento;

Os dados paramétricos foram submetidos a análise de variância apropriada. As médias foram comparadas através da diferença mínima significativa ao nível de $p < 0,05$; As médias das variáveis não-paramétricas (R e E%) foram comparadas através do teste de WILCOXON.

(*) Diferenças significativas ao nível de $p < 0,05$.

(**) Diferença significativa ao nível de $p = 0,10$.

Observa-se que a alcalose respiratória durante o exercício não modificou a $\dot{V}E$ mas reduziu o $\dot{V}CO_2$ nas cargas iniciais. Por outro lado, aumentou o $\dot{V}O_2$ entre as cargas de 125 e 225 watt. Além disso, a HV produziu uma tendência a aumentar o $\dot{V}O_2$ max, cuja probabilidade de casualidade é de 10%. Ao mesmo tempo ocorreu uma redução no R e na E% no exercício previamente hiperventilado (tabela 2 e figura 1).

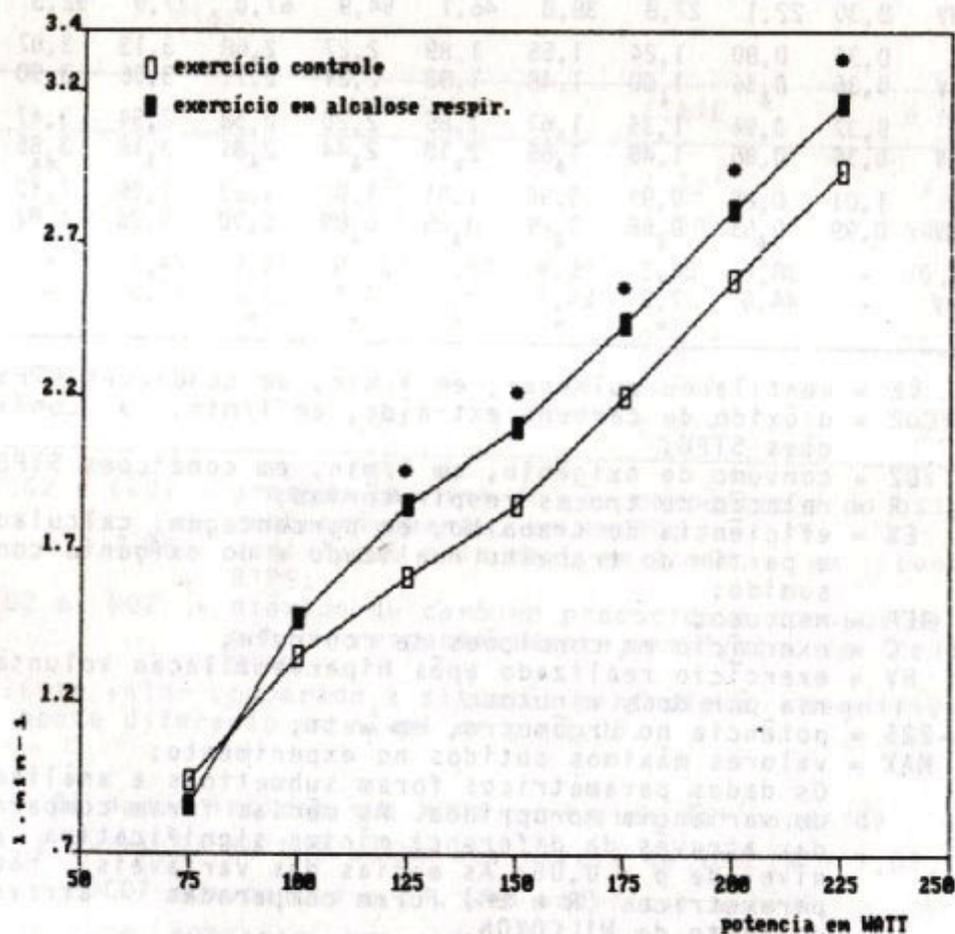


FIGURA 1 - Valores médios da captação de oxigênio ($\dot{V}O_2$) durante o exercício controle e o exercício após a hiperventilação voluntária (HV) de 2 minutos de duração, (*) = diferenças significativas ao nível de $p > 0,05$, $F_{crit} = 6,10$, $F_{calc} = 6,866$ ($p = 0,26$), $s_2 =$ variância comum = $0,0265$ l.min⁻¹, diferença mínima significativa para 135 gl = $0,1441$ l.min⁻¹.

CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE O EXERCÍCIO

Discussão

A HV foi capaz de alterar significativamente a PCO_2 e o pH no sangue venoso e isso corresponde a uma alcalose respiratória. Embora a pressão parcial do CO_2 no sangue arterial correlacione-se melhor com os mecanismos de equilíbrio ácido-básico (Swanson, 1976), a análise do sangue venoso apresenta maior facilidade técnica na sua coleta e maior aceitação por parte dos voluntários, além de estar amparada na observação de que existe uma boa correlação entre a $P\bar{V}CO_2$ e o conteúdo de CO_2 no organismo (Gibson, 1979). Assim, sabendo-se que, em condições de equilíbrio ácido-básico a $P\bar{V}CO_2$ é maior e o pH é menor no sangue venoso do que no arterial, o achado de valores significativamente diminuídos da $P\bar{V}CO_2$ e aumentados do pH venoso, foi seguramente indicativo de que ocorreu alcalose respiratória nos indivíduos com a HV (Gorman, 1988).

Existe uma relação precisa entre a ventilação ($\dot{V}E$) e as trocas metabólicas ($\dot{V}CO_2$ e $\dot{V}O_2$) durante o repouso e durante aqueles exercícios cuja intensidade permita um estado de equilíbrio entre a oferta de oxigênio e o requerimento energético pelos tecidos (Newstead, 1987), que neste experimento, foi equivalente ao exercício realizado entre 75 e 225 watt. Observando-se a tabela 2, percebe-se que a $\dot{V}E$ foi a mesma nos exercícios com ou sem alcalose, enquanto que a $\dot{V}CO_2$ foi menor nas cargas iniciais e a $\dot{V}O_2$ foi significativamente maior nas cargas mais altas. Por outro lado, o trabalho realizado, vale dizer, o requerimento energético, foi idêntico nas duas situações. Desta forma, a $\dot{V}E$ manteve-se adaptada ao trabalho realizado mas não acompanhou as variações observadas no $\dot{V}O_2$ e na $\dot{V}CO_2$. Este estudo vem confirmar, portanto, que os mecanismos neurais reguladores da ventilação durante o exercício são capazes de atender às necessidades respiratórias dos tecidos, ajustando de forma precisa a ventilação ao trabalho muscular, através de mecanismos que também podem funcionar de forma independente do conteúdo de CO_2 e de O_2 corporais (Eldrige, 1977).

A menor $\dot{V}CO_2$ nas cargas iniciais possivelmente representaria o resultado de um menor gradiente de CO_2 entre o organismo e o meio ambiente, causado pelo déficit de CO_2 corporal desencadeado pela HV. Apesar desta redução na extração do CO_2 , o déficit corporal médio remanescente foi de 1,18 litros de CO_2 , o qual persistiu durante todo o exercício realizado em alcalose respiratória, uma vez que nas cargas subsequentes não houve qualquer modificação na $\dot{V}E$ e na $\dot{V}CO_2$, em relação a situação controle. Assim, pode-se admitir que o exercício realizado após a HV foi conduzido em permanente e significativa hipocapnia, o que indica que a alcalose respiratória desencadeada pela HV não foi totalmente compensada por quaisquer mecanismos possíveis, enquanto durou o exercício neste experimento.

A alcalose também aumentou significativamente o $\dot{V}O_2$ a partir da potência de 125 watt, apesar do trabalho realizado pelos indivíduos ser o mesmo (figura 1). Este dado, já foi observado por Jones (1979), que, no entanto, não discutiu os seus possíveis mecanismos. O aumento do $\dot{V}O_2$ poderia significar que a alcalose respiratória teria produzido modificações (a) na fonte de substratos ou (b) na eficiência do trabalho ou (c) na afinidade de hemoglobina pelo oxigênio ou (d) essas alternativas combinadas.

Considerando-se inicialmente a fonte de substratos, a tabela 2 mostra que o R foi significativamente menor no exercício em alcalose. Este achado poderia significar que a alcalose teria aumentado a participação dos lípides como fonte de substrato. No entanto, Sutton (1983) não conseguiu demonstrar alterações significativas na utilização de substratos ao nível celular, quando produziu alcalose metabólica. Portanto, seria mais apropriado considerar que as modificações observadas no R decorreram de outros mecanismos, onde o numerador ($\dot{V}CO_2$) permaneceu constante enquanto o denominador ($\dot{V}O_2$) aumentou.

Sabe-se que as modificações ácido-básicas são capazes de alterar a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio (Efeito Bohr),

CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE O EXERCÍCIO

aumentado-a em condições de alcalose. Este fenômeno pode ter sido o responsável pelos níveis maiores de $\dot{V}O_2$ observados no exercício previamente hiperventilado. Assim, a maior afinidade da hemoglobina pelo O_2 aumentaria a sua captação ao nível pulmonar. Esta situação é equivalente a uma expansão do conteúdo de oxigênio no compartimento sanguíneo sem corresponder a um aumento na sua utilização celular, uma vez que o oxigênio consumido pelos músculos é independente do suprimento de O_2 numa faixa bastante ampla (King, 1982).

A tabela 2 também mostra que a eficiência do trabalho ($E\%$) foi significativamente menor nos indivíduos em alcalose respiratória. Os limites deste experimento não afastam ou confirmam a hipótese da alcalose atuar diretamente sobre a $E\%$. No entanto, alguns estudos sugerem que a eficiência do trabalho seja estável no ser humano (Gollnick, 1973; Barboza, 1987) e que a alcalose respiratória não produziria modificações na utilização de energia ao nível celular (Hampson, 1987). Diante disso, a hipótese principal é de que a aparente diminuição da eficiência, em situação de alcalose, foi decorrente do fato do trabalho ter permanecido constante enquanto o $\dot{V}O_2$ aumentou pelo Efeito Bohr.

Contudo, não se pode afastar uma ação combinada do Efeito Bohr, da mudança de substrato e da diminuição de eficiência na origem do aumento observado no $\dot{V}O_2$ neste experimento.

Os resultados sugerem que as alterações no equilíbrio ácido-básico podem se constituir em fontes de erro na interpretação das medidas do $\dot{V}O_2$, uma vez que os valores observados podem não corresponder ao oxigênio efetivamente consumido ao nível celular, em até cerca de 10%. Talvez seja adequada a utilização diferenciada dos termos "captação de oxigênio" - para os valores medidos, e "consumo de oxigênio", para a expressão teórica da quantidade do gás efetivamente utilizada pelos tecidos.

Agradecimentos

Agradecemos ao Professor Doutor Emerson Silami Garcia pela revisão do texto e aos voluntários pela valiosa participação, pois sem ela não seria possível a realização deste estudo.

Referências Bibliográficas

- Astrand, P.O. e Rodahl, K. (1980). **Tratado de fisiologia do exercício**. 2.ed. Rio de Janeiro, Interamericana.
- Barboza, A.S.P.; Russo, A.D.; Picarro, I.C.; Barros Neto, T.L.; Silva, A.C. e Tarasantchi, J. (1987). Características antropométricas de ciclistas, corredores de longa distância e não atletas e sua correlação com eficiência do trabalho no cicloergômetro e esteira rolante. **Rev. Bras. Ciências do Esporte**, 8(2 e 3):166-70.
- Berger, R.A. (1982). **Applied Exercise Physiology**. Philadelphia, Lea & Febiger.
- Clarke, D.H. (1975). **Exercise physiology**. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Davenport, H.W. (1973). **ABC da química ácido-básica do sangue**. 5.ed. São Paulo, Atheneu Editora.
- Dempsey, J.A.; Thompson, J.M.; Alexander, S.C.; Forster, H.V. e Chosy, L.M. (1975). Respiratory influences on acid-base status and their effects on O₂ transport during prolonged muscular work. In: Howald, H. e Poortmans, J.R. (Eds.) **Metabolic Adaptation to Prolonged Physical Exercise**, Lausanne, Birkhauser Verlag Basel.
- Denning, H.; Talbott, J.H.; Edwards, H.T. e Dill, D.B. (1931). Effects of acidosis and alkalosis upon capacity for work. **J. Clin. Invest.**, 9:609-13.
- De Vries, H.A. (1974). **Physiology of exercise for physical education and athletics**. 2.ed. Dubuque, Iowa, C. Brown Company Publishers.
- Eldridge, F.L. (1973). Posthyperventilation breathing: different effects of active and passive hyperventilation. **J. Appl. Physiol.**, 34:422-30.

CONSUMO DE OXIGÊNIO DURANTE O EXERCÍCIO

- Eldridge, F.L. (1977). Neural drive mechanisms of central origin. In: Dempsey, J.A. e Reed, C.E. (Eds.) **Muscular Exercise and Lung**, 1st ed., Wisconsin, The University of Wisconsin Press Ltd.
- Fox, L.E. e Mathews, D.K. (1983). **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. Rio de Janeiro, Interamericana.
- Gaesser, G.A. e Brooks, G.A. (1975). Muscular efficiency during steady-rate exercise: effects of speed and work rate. **J. Appl. Physiol.**, 38(6):1132-39.
- Gibson, T.M. (1979). Investigation of a simple retrospective test for in-flight hyperventilation. **Aviat. Space Environ. Med.**, 50(6):609-13.
- Girrotti, L.A.; Crossato, J.R.; Messut, H.; Kaski, J.C.; Dyszel, E.; Rivas, C.A.; Araújo, L.I.; Vetulli, H.D. e Rosenbaum, M.B. (1982). The hyperventilation test as a method for developing succesful therapy in Prinzmetal's Angina. **The Amer. J. Cardiol.**, 49:834-41.
- Gollnick, P.D. e Hermansen, L. (1973). Biochemical adaptations to exercise: Anaerobic metabolism. In: Wilmore, J.H. (Ed.) **Exercise and Sports Sciences Reviews**. New York, Academic Press.
- Gorman, J.M e Judy, Uy (1977). Respiratory physiology and pathological auxiet. **Gen. Hospital Psychiatry**, 9:410-419.
- Gorman, J.M.; Fyer, M.R.; Goetz, R.; Askanazi, J.; Liebowitz, M.R.; Fyer, A.J.; Kinney, J. e Klein, D. (1988). Ventilatory physiology of patients with panic disorder. **Arch. Gen. Psychiatry**, 45:31-39.
- Grabow, L. (1966). Electrode arrangement for rapid blood analysis. **Anaesthetist**, 15:171-73.
- Hampson, N.B.; Jobsis-Vandervliet, F. e Piantadosi, C.A. (1987). Skeletal muscle oxygen availability during respiratory acid-base disturbances in cat. **Respir. Physiol.**, 70:143-58.
- Hollman, W. e Hettinger, T. (1983). **Medicina do Esporte**. São Paulo, Editora Manole.
- Janis, K.M. e Fletcher, G. (1972). Oxigen tension measurements in small samples. **Am. Rev. Respir. Dis.**, 106:914-16.

- Jones, N.L. e Jurkowsky, J.E. (1979). Body carbon dioxide storage capacity in exercise. **J. Appl. Physiol.**, **46**(4): 811-15.
- Katch, F.S.; Girandola, R.N. e Katch, V.L. (1971). The relationship of body weight on maximum oxygen uptake and heavy-work endurance capacity on the bicycle ergometer. **Med. Sci. Sports**, **3**:101-15.
- King, C.E.; Lodd, S.L. e Cain, S.M. (1987). O₂ delivery to contracting muscle during hypoxic or CO hypoxia. **J. Appl. Physiol.**, **63**(2):726-32.
- Lambertsen, C.J. (1980). The lung: physical aspects of respiration. In: Mountcastle, V. (ed.) **Medical Physiology**. 14.ed. St. Louis, C.V. Mosby Company.
- Lewis, B.I. (1953). The hyperventilation syndrome. **Ann. Int. Med.**, **38**:918-27.
- McArdle, W. e Katch, J. (1984). **Fisiologia do Exercício**. Rio de Janeiro, Interamericana.
- Newstead, C.G. (1987). The relationship between ventilation and oxygen consumption in man is the same during both moderate exercise and shivering. **J. Physiol.**, **383**:455-59.
- Paula-Filho, U. e Rodrigues, L.O.C. (1985). Estudo do efeito da cafeína em diferentes níveis de exercício. **Rev. Bras. Ciências do Esporte**, **6**(2):139-46.
- Rocha, M.L.; Flegner, A. e Guimarães, J.N.F. (1983). Avaliação do consumo máximo de oxigênio em cicloergometria contínua escalonada. **Med. Esporte**, **1**(4):33-6.
- Stainbsy, W.N.; Gladden, B.L.; Barclay, J.K. e Wilson, B.A. (1980). Exercise efficiency: validity of base-line subtractions. **J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.**, **48**(3):518-22.
- Silva, A.C. (1988). Efeito dos estímulos neurogênicos sobre o padrão respiratório da hiperpnéia do exercício moderado. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Biologia Molecular da Escola Paulista de Medicina, São Paulo, Brasil.
- Strauss, R.H. (1984). **Sports Medicine**. Philadelphia, W.B. Saunders Company.
- Sutton, J.R.; Jones, N.L. e Toews, C.J. (1981). Effects of pH on muscle glycolysis during exercise. **Clin. Sci.**, **61**:331-38.

CONSUMO DE OXIGENIO DURANTE O EXERCÍCIO

Swanson, G.D.; Ward, D.S. e Bellville, J.W. (1976).
Posthyperventilation isocapnic hyperpnea. **J. Appl. Physiol.**,
40:592-96.