

# EFEITO DO TREINAMENTO FÍSICO, BASEADO EM AVALIAÇÃO ERGOESPIROMÉTRICA, NA CAPACIDADE AERÓBIA DE ATLETAS DE VOLEIBOL

Newton Nunes, Roberto Kalozdi, Sandra L. Amaral, José E. Proença, Ana M.W. Braga, Maria J.N.N. Alves, Carlos E. Negrão e Cláudia L.M. Forjaz<sup>1</sup>

**RESUMO:** A prescrição de treinamento físico (TF) baseada nos limiares ventilatórios determinados por avaliações ergoespirométricas, tem sido muito útil para atletas. O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito de um curto período de TF, baseado nos limiares ventilatórios na capacidade física de jogadores de voleibol. Seis jogadores de voleibol ( $25 \pm 4$  anos) do sexo masculino foram estudados durante a fase competitiva do Campeonato Estadual. Os jogadores foram submetidos a duas avaliações ergoespirométricas máxima em esteira com um intervalo de três meses. Nesse período, o treinamento aeróbio foi desenvolvido numa intensidade entre o limiar anaeróbio e o ponto de compensação respiratória, e o treinamento anaeróbio foi realizado em uma intensidade acima do ponto de compensação respiratória. O TF causou um aumento significativo no consumo máximo de oxigênio ( $48,0 \pm 2,9$  vs.  $51,0 \pm 3,1$  ml.kg.<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P < 0,05$ ), mas sem alteração significativa na potência máxima, frequência cardíaca máxima e ventilação máxima. Os valores de consumo de oxigênio e frequência cardíaca, nos quais os limiares ventilatórios foram atingidos, tenderam a ser mais elevados após o TF. Concluindo, um curto período de três meses de TF baseado nos limiares ventilatórios é efetivo para elevar o consumo máximo de oxigênio em jogadores de voleibol e, além disso, tende a elevar os limiares ventilatórios.

## Introdução

A evolução técnica e tática do voleibol tem tornado cada vez mais necessária a elaboração de planos adequados de treinamento. A preparação física têm assumido um papel de fundamental importância para a obtenção de bons resultados. As exigências específicas dos jogos e treinamentos de voleibol desgastam física e mentalmente os jogadores prejudicando-lhes a performance (Vitasalo et al., 1994). Tornando, dessa forma, evidente a necessidade de uma racionalização do programa de preparação física com base em conhecimentos científicos.

Devido ao princípio da especificidade do treinamento, diversos autores (Skinner e McLellan, 1980 e Kindermann et al., 1979) têm preconizado que a prescrição do treinamento deve estar baseada nas características metabólicas de cada jogador e de cada esporte, ou seja, é necessário estabelecer parâmetros que direcionem o plano de treinamento, determinando intensidades individuais que melhorem especificamente as vias metabólicas empregadas em cada esporte.

O voleibol é um esporte que se caracteriza por esforços intensos de curta duração "rallies" (aproximadamente 10 segundos) seguidos por pausas ou movimentos menos intensos que possibilitam a recuperação (Smith et al., 1992). Dessa forma, a produção de energia nesse esporte se faz, basicamente através da via anaeróbia alática durante os períodos ativos (Smith et al., 1992). No entanto, a longa duração do jogo (Ghesquiere et al., 1982) e os baixos níveis de lactato verificados durante o jogo (Kursthinger et al., 1987) confirmam a característica aeróbia desse esporte. Baseado nesses dados, o programa de preparação física do atleta de voleibol deve visar, no plano metabólico, o aprimoramento da via aeróbia, para a melhora da capacidade de recuperação após cada "rallie" devido a um menor acúmulo de lactato (Vitasalo et al., 1994).

A intensidade de treinamento ideal para estimular o desenvolvimento da capacidade aeróbia varia de um atleta para outro de acordo com suas características e seu preparo físico (Kinderman et al., 1979; Skinner & McLellan, 1980), sendo portanto, necessária identificá-la para cada jogador. O teste ergoespirométrico tem sido empregado como meio para determinar tais intensidades, através da identificação dos limiares ventilatórios, que permitem evidenciar a via metabólica predominante utilizada em cada intensidade de exercício.

Apesar de diversos estudos teóricos sugerirem que o treinamento físico baseado em limiares ventilatórios seja mais efetivo para o desenvolvimento da capacidade aeróbia, por respeitar as características individuais de cada atleta, poucos estudos investigaram a efetividade desse tipo de treinamento. Dessa forma, esse estudo teve por objetivo, verificar o efeito de um curto período de treinamento físico baseado nos limiares ventilatórios, na capacidade física de atletas de voleibol.

## Metodologia

### Amostra

Foram estudados 6 atletas de voleibol do sexo masculino, da equipe Olympikus/Telesp, no Campeonato Adulto da Divisão Especial do Estado de São Paulo de 1995. Os atletas apresentavam, no início do estudo, idade de  $25 \pm 4$  anos, peso corporal de  $86 \pm 6$  kg, e consumo máximo de oxigênio de  $48,6 \pm 3$  ml.kg.<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>.

Antes de iniciar o estudo, os atletas foram submetidos a uma avaliação clínica e uma anamnese, e foram informados dos propósitos do trabalho, dos procedimentos técnicos empregados e dos possíveis riscos envolvidos.

<sup>1</sup> Laboratório de Fisiologia da Atividade Motora da Escola de Educação Física e Divisão de Cardiologia Social/Serviço de Condicionamento Físico do InCor, USP, São Paulo, SP.

## Material e métodos

### Procedimentos de avaliação

Para avaliar os parâmetros cardiovasculares, respiratórios e metabólicos durante o repouso e exercício, os atletas foram submetidos a um teste ergoespirométrico realizado em esteira rolante, utilizando-se um protocolo em rampa com incremento de carga equivalente a 1,4 METS a cada minuto até a exaustão, precedido por 2 minutos de repouso na posição em pé. Antes do início desse teste, foi realizada uma avaliação eletrocardiográfica de repouso (TEB, Apex 2000) com o registro simultâneo das doze derivações padrão (D1, D2, D3, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6). Durante o teste, a FC foi continuamente monitorizada através de eletrocardiógrafo (TEB, apex 2000) e o registro simultâneo de três derivações (MC5, D2M, V2M) foi executado ao final de cada minuto.

As pressões arteriais sistólica e diastólica foram medidas por um observador experiente empregando o método auscultatório e um esfigmomanômetro de coluna de mercúrio (TAKAOKA 207). Essa aferição foi realizada durante o repouso, a cada 2 minutos de exercício, e no primeiro, segundo, quarto e sexto minutos da recuperação.

Os gases expirados foram continuamente coletados durante o teste e analisados a cada ciclo respiratório por um analisador de gases computadorizado (Medical Graphics Corporation-CAD/NET 2001). Os dados foram então computados em médias de 60 segundos e o consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  máx.) foi determinado pelo valor mais elevado do  $VO_2$  alcançado durante o teste. Os limiares ventilatórios foram identificados através dos seguintes parâmetros: a) Limiar Anaeróbio (LA): pelo momento em que a curva de pressão parcial final de oxigênio ( $PetO_2$ ) e a curva do equivalente ventilatório do oxigênio ( $VE/VO_2$ ) atingiram o seu ponto mínimo e no momento em que houve a quebra da linearidade de ascensão da curva da razão de troca respiratória (RER) e da ventilação (VE) (Skinner, et al., 1980); b) Ponto de Compensação Respiratória (PCR): pelo momento em que a curva de pressão parcial final de gás carbônico ( $PetCO_2$ ) atingiu o seu ponto máximo, a curva de equivalente ventilatório do gás carbônico ( $VE/VCO_2$ ) atingiu o seu ponto mínimo e na segunda quebra da linearidade da VE (Bhambhani, Y. & Singh, M., 1985).

### Procedimentos do treinamento físico, técnico e tático

Após essa avaliação inicial, os atletas foram submetidos ao treinamento físico realizado no período competitivo do Campeonato Paulista de 1995. O treinamento foi efetuado em dois períodos: manhã (08h00 às 11h00) e tarde (17h00 às

19h30), sendo o período da manhã destinado à preparação física, e a tarde à preparação técnico/tática. A preparação física foi realizada em cicloergômetro, esteira rolante e corridas no solo, de modo que a parte aeróbia foi feita mantendo-se a frequência cardíaca (FC) de treino entre a FC observada no limiar anaeróbio e no ponto de compensação respiratória. A parte anaeróbia foi realizada elevando-se a FC acima do ponto de compensação respiratória.

Durante as sessões, a FC foi monitorizada por um frequencímetro (Polar Sport Tester, G.B.R. 165020.A.) e foi anotado em uma ficha individualizada, na qual o preparador físico realizava o controle da intensidade e volume total de trabalho. O treinamento físico foi complementado por exercícios de força e potência musculares realizados em aparelhos de musculação.

Após três meses de treinamento, os atletas foram reavaliados repetindo-se o procedimento da avaliação exposta anteriormente.

Os dados no início e final do período de treinamento foram comparados pelo teste t para amostras repetidas e o nível de significância estabelecido foi de  $P < 0,05$ . Os dados são apresentados como média (X)  $\pm$  SD.

## Resultados

Nesse período de 3 meses de treinamento físico não houve alteração significativa no peso corporal ( $86 \pm 6$  vs.  $85 \pm 6$  kg,  $P = 0,14$ ), nem no índice de massa corporal ( $23,1 \pm 1$  vs.  $22,8 \pm 1$  kg/m<sup>2</sup>,  $P = 0,10$ ) dos atletas.

Nesse período observou-se um aumento significativo de 5% no consumo máximo de oxigênio ( $48,6 \pm 3,0$  vs.  $51,0 \pm 3$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P < 0,01$ ). Nos limiares ventilatórios os valores de  $VO_2$  (LA:  $25,0 \pm 4$  vs.  $27,2 \pm 7$ ,  $P = 0,47$ ; e PCR:  $40,6 \pm 5$  vs.  $44,3 \pm 6$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>,  $P = 0,10$ ) não se modificaram significativamente, mas foram maiores no segundo teste (Figura 1A).

A potência máxima apresentou uma elevação não significativa ( $422 \pm 54$  vs.  $442 \pm 33$  W,  $P = 0,27$ ) entre os testes. Além disso, os valores de potência nos limiares ventilatórios (LA:  $85 \pm 16$  vs.  $113 \pm 76$ ,  $P = 0,43$ ; e PCR:  $262 \pm 36$  vs.  $312 \pm 104$  W,  $P = 0,27$ ) também não se modificaram significativamente (Figura 1B).

A FC máxima foi semelhante ( $177 \pm 10$  vs.  $180 \pm 10$  bpm,  $P = 0,40$ ) nos dois testes. No entanto, nos limiares ventilatórios os valores de FC (LA:  $116 \pm 7$  vs.  $129 \pm 16$ ,  $P = 0,19$ ; e PCR:  $156 \pm 12$  vs.  $167 \pm 7$  bpm,  $P = 0,07$ ) tenderam a se elevar após três meses de treinamento (Figura 1C).

A VE máxima ( $164 \pm 28$  vs.  $156 \pm 25$  l/min,  $P = 0,58$ ) foi semelhante nos dois testes. Além disso, nos limiares ventilatórios, a VE (LA:  $60 \pm 10$  vs.  $61 \pm 22$ ,  $P = 0,98$ ; e PCR:  $109 \pm 14$  vs.  $119 \pm 29$  l/min,  $P = 0,28$ ) não se modificou significativamente, mas foi maior no segundo teste (Figura 1D).

**Tabela 1** - Média (X) e desvio padrão (SD) do peso corporal, índice de massa corporal (IMC), consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), potência, frequência cardíaca (FC) e ventilação (VE) no limiar anaeróbio (LA), ponto de compensação respiratória (PCR) e no máximo (MAX), pré e pós treinamento físico (TF).

Variável	Pré		Pós		T
	X	SD	X	SD	
Peso (Kg)	86	6	85	6	0,140
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	23,1	1	22,8	1	0,107
VO <sub>2</sub> máx. (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	48,6	3	51,0	3	0,018 *
VO <sub>2</sub> LA (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	25,0	4	27,2	7	0,474
VO <sub>2</sub> PCR (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	40,6	5	44,3	6	0,109
Potência máx. (watts)	422	54	442	33	0,279
Potência LA (watts)	85	16	113	76	0,435
Potência PCR (watts)	262	36	312	104	0,275
FC máx (bpm)	177	10	180	10	0,401
FC LA (bpm)	116	7	129	16	0,196
FC PCR (bpm)	156	12	167	7	0,074
VE máx (l/min)	164	28	156	25	0,589
VE LA (l/min)	60	10	61	22	0,987
VE PCR (l/min)	109	14	119	29	0,283

## Discussão

O principal achado desse estudo foi que, apesar de estarem na fase competitiva do Campeonato Paulista de 1995, fase essa em que a melhora da capacidade aeróbia não é esperada, o treinamento físico individualizado com base na identificação dos limiares ventilatórios, aumentou a capacidade aeróbia máxima dos atletas de voleibol.

O treinamento físico aeróbio promove benefícios fisiológicos como o aumento do número e tamanho das mitocôndrias, a capilarização muscular e a elevação da atividade enzimática oxidativa. Tais mecanismos contribuem para que haja uma maior utilização da via aeróbia de produção de energia e, conseqüentemente, um reduzido aumento na concentração de lactato sanguíneo para uma determinada carga absoluta de trabalho (Wasserman, 1986).

Os mecanismos de aperfeiçoamento da capacidade do sistema ATP-CP através de treinamento físico não tem sido comprovados, possivelmente porque as alterações não sejam significantes (Plisk, 1991). Contudo, sendo a ressintese de CP dependente do metabolismo oxidativo, possíveis melhoras neste sistema aeróbio, promovidas pelo treinamento físico, resultariam em uma maior taxa de ressintese de CP durante períodos de recuperação, após esforços intensos seguidos (Hamilton et al., 1991; Plisk, 1991). Como o voleibol possui tais características, o treinamento físico aeróbio possui importância fundamental no rendimento físico dos atletas. Ele tem uma função na recuperação mais rápida durante os intervalos dos jogos, elevando também a ressintese de CP e poupando os demais sistemas energéticos; assim, quanto maior a capacidade oxidativa do organismo, menor será a utilização do metabolismo anaeróbio láctico, representando também em uma menor depleção de glicogênio, menor produção de ácido láctico e mais prorrogado o início da fadiga (Saltin & Strange, 1992; Sutton, 1992)

Foi demonstrado que a menor fadigabilidade de atletas de endurance em relação a jogadores de diferentes modalidades, é indicio da existência da relação entre o nível de condição aeróbia e o rendimento em habilidades intensas, próprias do voleibol (Hamilton et al., 1991; Viitasalo et al., 1993). Isto demonstra que o desenvolvimento da condição aeróbia em atletas de voleibol adquire um aspecto fundamental, pois, atrasando o principio da fadiga, conseqüentemente elevará o rendimento físico dos jogadores durante os jogos.

No presente estudo, foi observado um aumento significativo do VO<sub>2</sub>máx e uma tendência à elevação da intensidade de ocorrência dos limiares ventilatórios. Na realidade, alguns autores (Ghesquieri et al., 1982) têm encontrado uma alta relação entre o consumo de oxigênio dos limiares e o consumo máximo de oxigênio. O volume e a intensidade do treinamento físico necessários para produzir mudanças no limiar anaeróbio e no ponto de compensação respiratória ainda não são conhecidos.

Na presente investigação foram observadas tendências a elevações nos limiares ventilatórios, após um programa de treinamento realizado diariamente, mantendo-se a intensidade entre os dois limiares. Essa tendência pode ser detectada tanto pela elevação da FC, quanto da potência e do consumo de oxigênio medidos nos limiares ventilatórios. Além das modificações dos limiares, o principal parâmetro utilizado para avaliar a melhora da capacidade aeróbia é a medida direta do consumo máximo de oxigênio. Dessa forma, apesar de se observar apenas uma tendência ao aumento dos limiares, foi verificado um aumento significativo do VO<sub>2</sub> máximo, o que comprova a efetividade do treinamento empregado.

Os resultados obtidos sugerem que a programação de um treinamento individualizado, entre o limiar anaeróbio e o ponto de compensação respiratória para treinamento aeróbio e acima do ponto de compensação respiratória para treinamento anaeróbio, baseado nas características metabólicas de cada atleta, melhora a capacidade física desses atletas mesmo durante o período de competição. Essa elevação no consumo máximo de oxigênio, pode promover uma maior resistência orgânica aos treinamentos e jogos, ocasionando uma recuperação mais rápida, além de um menor acúmulo de lactato sanguíneo (Skinner et al., 1980), o que poderia melhorar a performance dos atletas por diminuir a fadiga.

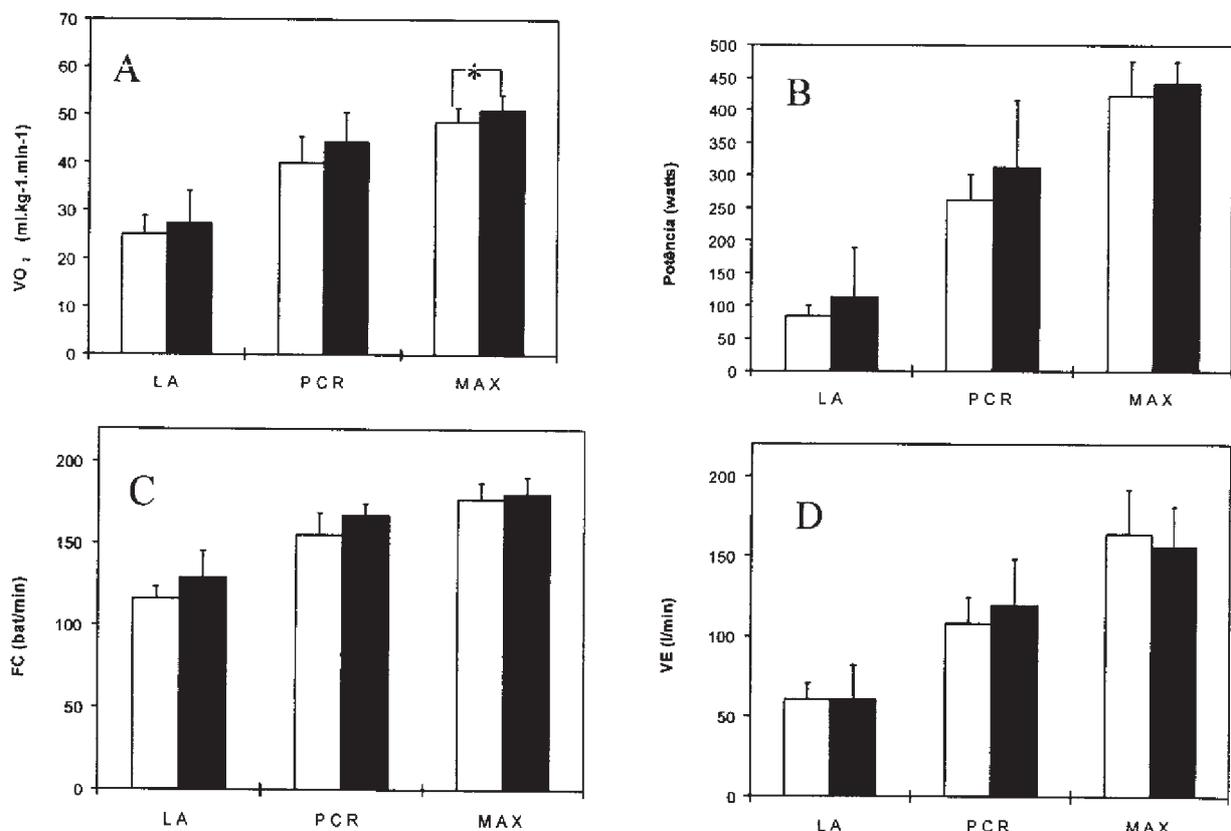
O treinamento físico baseado nos limiares ventilatórios, com duração de três meses, foi efetivo para elevar o consumo máximo de oxigênio de atletas de voleibol, em período competitivo. Além disso, esse treinamento físico tende a aumentar os limiares ventilatórios.

## Referências bibliográficas

- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. *Guidelines for exercise testing and prescription*. Philadelphia, Lea & Febiger, 1986.
- BHAMBHANI, Y.; SINGH, M. Ventilatory threshold during graded exercise. *Respiration*, vol. 47 p. 120-128, 1985.

- GHESQUIER, J.; REYBROUCK, T.; FAUKNER, J. A.; CATTART, A.; FAGARD, R.; AMERY, A. Anaerobic thresholds for long-term exercise and maximal exercise performance. *Annals of Clinical Research*, vol.14, Suppl. 34:p. 37-41, 1982.
- HAMILTON, A.L.; NEVILL, M.E.; BROOKS, S.; WILLIAMS, C. Physiological responses to maximal intermittent exercise: differences between endurance-trained runners and games players. *Journal of Sports Sciences*, v.9,p.371-382, 1991.
- KINDERMANN, W.; SIMIN, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal Applied. Physiology*, vol.42,p. 25-34, 1979.
- KÜNSTLINGER, U.; LUDWIG, H. G.; STEGEMANN, J. Metabolic changes during volleyball matches, *International Journal Sports Medicine*, vol. 8, p.315-322, 1987.
- McARDLE, W. D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. *Exercise physiology*. 4 ed. Phyladelphia. Willians & Wilkins,1996.
- PLISK,SS. Anaerobic metabolic conditioning: a brief review of theory, strategy and pratical application. *Journal of Applied Sport and Science Research*,. vol.5, p.22-34, 1991.
- SALTIN, B.; STRANGE, S. Maximal oxygen uptake: old and new arguments for a cardiovascular limitation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*,. v.24, p.30-37, 1992.
- SKINNER, J. S.; McLELLAN, T. H. The transition from aerobic to anaerobic metabolism, *Research Quaterly For Exercise And Sport*, vol. 51, p. 234-248, 1980.
- SMITH, D. J.; ROBERTS, D.; WATSON, B. Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, vol. 10, p. 131-138, 1992.
- SUTTON, J.R. VO<sub>2</sub>max-New concepts on an old theme. *Medicine and Science in Sports and Exercise*,. v.24,p.26-29, 1992.
- VIITASALO, J.K.; HAMALAINEN, K.; MONOVEN, H.V.; SALO, A.; LAHTINEN, J. Biochemical effects of fatigue during continuous hurdle jumping. *Journal os Sports Sciences*,. v.11, p.503-509, 1993.
- VIITASALO, J. T.; RUSKO, H.; PAJALA, O.; RAHKILA, P.; MARKUU, A.; MONTONEN, H. Endurance requirements in volleyball. *Canadian Journal Sports Sciences*, vol.12, p. 194-201, 1994.
- WASSERMAN, K. *Principles of exercise testing and interpretation*. Phyladelphia, Lea & Febiger, 1996.

**Figura 1** - Consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub> - painel A), potência (W - painel B), frequência cardíaca (FC - painel C) e ventilação (VE - painel D) medidos no limiar anaeróbico (LA), no ponto de compensação respiratória (PCR) e no máximo (MAX) do exercício, antes (barras brancas) e após (barras negras) 3 meses de treinamento físico realizado com base nos limiares ventilatórios em atletas de voleibol.



---

**ABSTRACT:** *The prescription of the exercise training intensity based on ventilatory thresholds, determined by ergoespirometric evaluations, has been very useful for athletes. The aim of the present study was to verify the effect of a short period of exercise training, based on the ventilatory thresholds on physical capacity of volleyball players. Six male volleyball players (25 ± 4 years) were studied during the competitive phase of the State Championship. The players were submitted to two maximal ergoespirometric evaluations on the treadmill with a three month interval. In this period, the aerobic training was performed on an intensity between the anaerobic threshold and the respiratory compensation point, and the anaerobic training on an intensity above the respiratory compensation point. Exercise training caused a significant increase in maximal oxygen uptake (48.6 ± 2.9 vs. 51.0 ± 3.0 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, P < 0.05), but no significant alteration in maximal power, maximal heart rate and maximal ventilation. The values of oxygen uptake and heart rate, in which the ventilatory thresholds were achieved, tended to be higher after exercise training. In conclusion, a short period of three months of exercise training based on the ventilatory thresholds is effective in increasing the maximal oxygen uptake in volleyball players and, besides, tends to increase the ventilatory thresholds.*

---

Endereço dos autores: Av. Prof. Mello Moraes, 65. CEP 05508-900, Butantã, São Paulo-SP  
Telefone: 818-3183 - Fax: 813-5023  
E-mail: cforjaz@usp.br