

Consumo de oxigênio na natação: diferentes metodologias e possibilidades de aplicação

Oxygen consumption in swimming: different methodologies and application possibilities

CASTRO FAS, FRANKEN M, SILVEIRA RP, MOTA CB. Consumo de oxigênio na natação: diferentes metodologias e possibilidades de aplicação. **R. bras. Ci. e Mov** 2010;18(3):88-93.

RESUMO: Algumas metodologias têm sido desenvolvidas a fim de permitir a mensuração do consumo de oxigênio (VO_2) em condições mais próximas à realidade do atleta de natação. Dentre essas, podem ser citadas a utilização do *swim flume*, *tethered swimming*, retro-extrapolação a partir da recuperação, ergômetro de braço e perna e natação com coleta durante o nado. O objetivo deste estudo é abordar diferentes metodologias para obtenção de valores de VO_2 na natação, ressaltando alguns dos principais estudos realizados nesta área até então. As palavras-chave utilizadas para procura dos estudos foram: *oxygen consumption*, *swimming*, *training*, nas bases Scopus, Capes, Lilacs, Springerlink e Scielo. Demonstrou-se que não existem diferenças na obtenção do VO_2 entre os métodos de retro-extrapolação a partir da recuperação, natação livre, *swimming-flume*, *tethered-swimming* e ergômetro de braço. Mesmo assim, é extramamente difícil uma estimativa válida para os valores de VO_2 em natação. No entanto, considerando a determinação do VO_2 em natação livre via equipamento com coleta *breath-by-breath*, possivelmente o método mais adequado seja este, contudo o arrasto produzido pelo equipamento precisa ser melhor investigado.

Palavras-chave: Consumo de oxigênio; Treinamento; Natação.

ABSTRACT: Some methods have been developed to allow the oxygen consumption (VO_2) assessment in conditions next to the swimmer practice reality. It can be cited the swimming flume, tethered swimming, backward extrapolation from the recuperation curve, arm and kick ergometer and free swimming with direct measure. This review proposes to aboard different methodologies used to obtain VO_2 values in swimming, focusing some of the most important studies performed in this area. The key-words used for searching the studies were: *oxygen consumption*, *swimming*, *training*, in bases Scopus, Capes, Lilacs, Springerlink and Scielo. It is demonstrated that there were no differences among the backward extrapolation from the recuperation curve, free swimming with direct measure, *swim flume*, *tethered swimming*, and arm ergometer. Anyway it's extremely hard to determine a valid VO_2 value in swimming. Although, considering the VO_2 determination in free swimming and gathering equipment in a *breath-by-breath*, as the most adequate method, probably the most appropriate method is that, although the increased drag produced by the equipment should be more studied.

Key Words: Oxygen consumption; Training; Swimming.

Flávio A. S. Castro¹
Marcos Franken¹
Ricardo P. Silveira¹
Carlos B. Mota¹

¹Laboratório de Pesquisa do
Exercício - Escola de Educação
Física/Universidade Federal do
Rio Grande do Sul

Enviado em: 19/07/2010
Aceito em: 21/01/2011

Contato: Flávio Antônio de Souza Castro - souza.castro@ufrgs.br

Introdução

Em natação, de acordo com Toussaint e Hollander²³, o gasto energético está relacionado à velocidade média de nado (VN), à eficiência bruta, à eficiência propulsiva e ao arrasto. Segundo esses autores, a energia, para eventos em natação, é gerada tanto por processos aeróbios, quanto por anaeróbios e um balanço deveria existir entre a energia necessária para nadar uma distância em determinado tempo e o total de energia disponível neste tempo a partir dos sistemas metabólicos. As relações entre o consumo de oxigênio (VO₂), a economia de nado e o desempenho em natação têm sido foco de diversos estudos^{4,5,17}.

A representação do VO₂ é realizada, tradicionalmente, de duas maneiras: em unidades absolutas (l.min⁻¹) ou em unidades relativas à massa corporal (ml.kg⁻¹.min⁻¹). Na natação, de acordo com Gullstrand⁹ a representação do VO₂ em ml.kg⁻¹.min⁻¹ não é plenamente justificável, devido à influência da força de sustentação; neste caso, aumento da massa corporal total por tecido de gorduras, por exemplo, apresenta pouco efeito negativo na água quando comparado ao mesmo efeito negativo para atividades terrestres. Por isso, para Gullstrand⁹, entre nadadores, os valores de VO₂ deveriam ser expressos em l.min⁻¹ ou, ainda, por ml.kg⁻¹.min⁻¹, desde que a massa corporal seja obtida do peso hidrostático, não do peso terrestre. Nesta revisão, são mantidas as unidades apresentadas pelos autores dos estudos revisados, embora, considere-se a expressão do VO₂ em ml.kg⁻¹.min⁻¹ ser de mais fácil interpretação a aplicação.

Diferentes procedimentos têm sido utilizados para a identificação do VO₂, máximo ou não, durante, e/ou imediatamente após o nado. Mas, de acordo com Hólmér¹⁰, devido às condições ambientais, aos movimentos corporais e às viradas contra a borda em piscinas, a medida do VO₂ na natação, em comparação a modalidades realizadas em seco, apresenta uma maior dificuldade em ser realizada. A fim de superar essas condições adversas, algumas metodologias têm sido desenvolvidas a fim de permitir a mensuração do VO₂ em condições mais próximas à realidade do atleta de natação.

Dentre essas técnicas, podem ser citadas a utilização de swim flume^{1,24}, tethered swimming^{1,19}; retro-extrapolação a partir da recuperação^{14,18,19,3,17}, ergômetro de braço e perna^{12,16} e natação com coleta durante o nado^{4,2,8}. Desta forma, este estudo de revisão pretende abordar diferentes metodologias para obtenção de valores de VO₂ na natação, ressaltando alguns dos principais estudos realizados nesta área até então.

Os artigos foram selecionados nas bases de dados SCOPUS, LILACS, SPRINGERLINK e SCIELO, no período entre março de 2007 e junho de 2010, sendo que alguns artigos indexados em outras bases de dados foram eventualmente incluídos de acordo com sua relevância. As palavras-chave utilizadas para procura dos estudos no artigo foram: oxygen uptake, oxygen consumption, swimming, training. Foram revisados tanto artigos experimentais, quanto de revisão, desde que esses fossem considerados imprescindíveis para a melhor compreensão do tema.

Método de retro-extrapolação

Para Lavoie e Mont-Petit¹³, o método de retro-extrapolação na natação teria sido utilizado, primeiramente por Di Prampero *et al.*⁷, e consistia na obtenção de valores de VO₂, a cada 20 s, após o nado e aplicação de uma curva de regressão simples, com o método dos mínimos quadrados, entre o tempo e os valores de VO₂, a fim de prever o valor de VO₂ quando o tempo fosse zero. Poujade *et al.*¹⁷ verificaram correlações entre o desempenho em prova de 400 m nado livre com o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) obtido pelo método de retro-extrapolação e a correlação entre o desempenho e a economia de nado, (r = 0,877 e 0,837), respectivamente. A economia de nado foi definida pelo quociente entre o VO₂ (ml.min⁻¹) e a VN (m.min⁻¹).

Montpetit *et al.*¹⁴ não encontraram diferenças entre os valores de VO₂ obtidos durante corrida em esteira, natação livre com coleta de gases durante o nado e natação livre com coleta de gases imediatamente após o nado, e encontraram correlação significativa (r = 0,99) entre os valores obtidos na corrida e na natação, método de coleta durante o nado, e (r = 0,94) entre os valores

obtidos pelos dois métodos citados na natação e concluíram que a predição do VO_2 na natação com o método de retro-extrapolação fornece uma boa estimativa do VO_2 durante o nado. Ainda, encontraram que o método de retro-extrapolação teve um valor maior de VO_2 obtido em natação livre com coleta de gases imediatamente após o nado ($p < 0,01$) ao ser comparado com o valor obtido na corrida. Em relação à comparação de teste e re-teste do método de retro-extrapolação, os autores encontraram correlação ($r = 0,92$). Assim, de acordo com Montepetit *et al.*¹⁴, as determinações de $\text{VO}_{2\text{max}}$, em natação, podem ser obtidas, em testes de campo, a partir dos valores de recuperação, desde que quatro condições básicas de teste sejam respeitadas: (1) exercício deve ser progressivo e contínuo, em intensidade não supra-máxima, levando à exaustão, com duração superior a quatro minutos; (2) não haver nenhum atraso entre o fim do exercício e o início da coleta de gases (segundo os autores, qualquer atraso entre o fim do exercício e o início da coleta pode prejudicar a qualidade dos dados¹⁴); e (3) coleta de gases deve começar no início da primeira expiração e terminar aproximadamente 20 segundos após.

Ribeiro *et al.*¹⁸ avaliaram o VO_2 imediatamente após a performance de 400 m nado crawl na maior VN possível. Aos nadadores era solicitado que, na última braçada da distância, bloqueassem a respiração e expirassem em uma máscara acoplada à bolsa de Douglas, assim que um operador a fixasse em sua face. Equações convencionais⁶ foram utilizadas para calcular os valores do VO_2 máximo e submáximo que foram plotados em função da VN em cada um dos eventos de forma que a VN correspondente a 85% do $\text{VO}_{2\text{max}}$ poderiam ser interpoladas ou extrapoladas de forma individual. Após, serem calculados, os resultados obtidos com o método mostraram ser válidos e reproduzíveis. O VO_2 submáximo, em termos percentuais do $\text{VO}_{2\text{max}}$, variou de 75 a 92% e o $\text{VO}_{2\text{max}}$ em valores relativos à massa corporal variou entre 45 e 62 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.

Já Rinehardt *et al.*¹⁹ verificaram altas correlações entre os valores de VO_2 obtidos do Teste de Nado Estacionário (TNE) em nado crawl, com cargas progressivas colocadas em um sistema de roldanas, a cada

30 segundos, até que os nadadores não conseguissem permanecer estacionários, ou seja, fossem puxados para trás pelas cargas. Os valores obtidos após a distância de 200 jardas (aproximadamente 183 m), do TNE e da distância de 500 jardas (aproximadamente 457 m) foram de $3,13 \pm 0,19$, $3,20 \pm 0,19$ e $3,20 \pm 0,17 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente ($r =$ entre 0,94 e 0,96). Segundo os autores, a determinação do $\text{VO}_{2\text{max}}$, utilizando-se amostra de 20 segundos de ar expirado obtidas após máxima performance, fornece fidedigna avaliação do $\text{VO}_{2\text{max}}$. Ainda, a distância de 183 m mostrou ser uma alternativa mais viável, levando em consideração motivação dos nadadores e a disponibilidade dos mesmos em relação ao esquema dos treinamentos.

Ao validar o método de retro-extrapolação para a obtenção do VO_2 submáximo, Sleivert e Mackinnon²¹ verificaram os valores de VO_2 obtidos durante a recuperação com 25 minutos de intervalo cada entre três repetições de sete minutos em um ciclo-ergômetro de três maneiras diferentes: (1) aplicação de uma reta de regressão linear nos primeiros quatro valores de VO_2 da recuperação; (2) aplicação de uma reta de regressão linear nos primeiros seis valores de VO_2 da recuperação, determinados a partir de uma curva exponencial suavizada para os primeiros cinco valores; e (3) regressão exponencial de 2ª ordem para todos os valores de VO_2 da recuperação. Os autores concluíram que retro-extrapolação, seja exponencial, seja linear, é um método válido para prever o VO_2 submáximo e que apenas 20 segundos de coleta de gases pós-exercício seriam suficientes para a elaboração da regressão linear que prevê o VO_2 .

Swimming Flume

Em relação à utilização do swimming flume, Hólmér¹⁰, já em 1979, afirmava que, possivelmente, era o mais sofisticado ergômetro de natação; consistindo de um tanque, com paredes de material transparente, onde a água circula em velocidades pré-determinadas, devido à ação de motores. Assim, permite ao indivíduo realizar um nado estacionário que pode ser analisado, mais facilmente, sob as óticas fisiológica e biomecânica. Por outro lado, os

custos de construção impedem, até o momento, uma maior massificação do swimming flume nas pesquisas com natação. Dentre os estudos que utilizaram a técnica do swimming flume, com objetivos de investigar variáveis fisiológicas da natação, podem-se destacar Bonen *et al.*¹ e Wakayoshi *et al.*²⁴.

Bonen *et al.*¹ correlacionaram os valores de VO_2 obtidos nos testes com swimming flume, TNE e ergômetro de braços (com os valores médios de VO_{2max} de $2,62 \pm 0,23$; $2,67 \pm 0,26$; e $2,36 \pm 0,24$ $l \cdot min^{-1}$, respectivamente) e encontraram alta correlação entre os valores de VO_2 obtidos entre os diferentes métodos ($r =$ entre 0,97 e 0,99). Ainda, ao relacionar os valores de VO_2 obtidos em natação livre e TNE em outro grupo de nadadores, com os valores médios de VO_{2max} ($3,55 \pm 0,28$ e $3,53 \pm 0,27$ $l \cdot min^{-1}$, respectivamente), encontraram alta correlação entre os valores de VO_2 obtidos entre os métodos de natação livre e TNE ($r =$ entre 0,97 e 0,99) e concluíram que a determinação do VO_2 em natação pode ser realizada por qualquer um dos métodos utilizados.

Wakayoshi *et al.*²⁴ verificaram as relações entre VO_2 , frequência média de ciclos de braçadas (FB) e VN com o desempenho, em um swimming flume, e encontraram correlação significativa entre VO_2 e VN ao cubo ($r =$ entre 0,96 e 0,99), VO_2 e FB ($r =$ entre 0,92 e 0,99) e FB e VN ao cubo ($r =$ entre 0,89 e 0,99). As inclinações das curvas de regressão obtidas entre o VO_2 e a VN ao cubo e entre o VO_2 e a FB apresentaram, de modo significativo, correlação com índices de desempenho em natação (VN a 80 e 100% do VO_2 de pico e velocidade de início de acúmulo de lactato sanguíneo).

Método de coleta durante o nado

Keskinen *et al.*¹¹ apresentaram um novo sistema para coleta de gases com vistas a validar o equipamento que utilizava-se de um snorkel modificado e de um sistema de válvulas que permitiam uma análise de coleta do VO_2 durante o nado (breath-by-breath) durante o nado e concluíram que o snorkel modificado pode ser considerado como um equipamento válido para a coleta de gás expirados em análises via equipamento breath-by-breath, sob condições laboratoriais, quando comparados à

tradicional máscara para coleta de gases, com a vantagem de apresentar uma condição melhor de uso na natação.

Fernandes *et al.*⁸ avaliaram em dois protocolos de natação livre, sendo 1) intermitente com incrementos na velocidade de $0,05$ $m \cdot s^{-1}$ a cada 200 m, com intervalos de 30 segundos, até a exaustão, com objetivo de identificar a velocidade da curva até o VO_{2max} e 2) Após 48 horas, os nadadores foram submetidos a um protocolo que consistia nadar até a ocorrência da exaustão na velocidade previamente determinada a partir do primeiro teste. Os dois protocolos utilizaram uma válvula especial conectada ao nadador para a coleta do ar expirado, e um equipamento para mensurações metabólicas (Sensomedics 2900 Oxymeter, Yorba Linda – Califórnia, USA), colocada em um carrinho que acompanhava o nadador na lateral da piscina. Os valores obtidos de VO_{2max} , no teste de carga progressiva foram de $76,81 \pm 6,54$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ e o tempo de permanência na velocidade de VO_{2max} foi de $260,2 \pm 60,73$ s.

Determinação do consumo de oxigênio em ergômetro de braços e snorkel

Estudos^{16,12} utilizaram ergômetros de braços a fim de determinar os valores de VO_2 em diferentes grupos de nadadores e em resposta a treinamento específico. Prioux *et al.*¹⁶ analisaram os efeitos do treinamento sobre as capacidades metabólicas de 10 nadadores competitivos. A medida de VO_{2max} foi realizada enquanto os nadadores realizavam teste progressivo no ergômetro de braços com coleta de gases para uma bolsa com capacidade de cinco litros; os gases coletados eram analisados a fim de se verificar as frações expiradas de oxigênio e de gás carbônico. Os valores de VO_{2max} , encontrados por este método, no pré-teste, foram de $47,5 \pm 2,5$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ e no pós-teste de $47,4 \pm 1,6$ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$.

Já Konstantaki e Swaine¹² compararam as respostas cardio-pulmonares e de lactato a exercícios de simulação de natação (apenas movimentos de pernas e apenas movimentos de braços) realizados em um swim bench em dois grupos de nadadores. O ar expirado foi analisado usando um equipamento para coleta direta de gases (Covox Microlab, Exeter, U.K.), o qual consistia de

um pneumotacógrafo e analisadores infra-vermelhos de oxigênio e gás carbônico (Servomex Ltd., Sussex, U.K.). Os gases expirados eram misturados em uma bolsa de três litros e amostrados a cada 30 segundos. O VO_2 foi registrado a cada dois minutos como média dos 30 segundos anteriores e na exaustão. O grupo de nadadores competitivos apresentou valores de VO_2 de pico, em $\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$, para exercício de braços e pernas, respectivamente, $3,1 \pm 0,1$ e $3,4 \pm 0,1$ e o grupo de nadadores recreacionais, respectivamente, $2,8 \pm 0,1$ e $4,1 \pm 0,1$.

Toussaint *et al.*²² desenvolveram um snorkel específico para avaliação em natação, com a vantagem de gerar um baixo arrasto com relação aos snorkels convencionais. Papoti *et al.*¹⁵ desenvolveram um snorkel de baixo custo e adaptaram a máscara do analisador de gases VO2000, com espaço morto de 250 ml para oito nadadores competitivos que foram submetidos a dois testes incrementais (TI): em cicloergômetro utilizando a máscara e o snorkel. Os TI foram realizados até a exaustão e foram compostos por estágios de três minutos com carga inicial e incrementos de 35 W. Em ambas as situações, foram analisados, em intervalos de 10 s, os volumes de oxigênio, gás carbônico (VCO_2), ventilatório (VE) e frequência cardíaca (FC). Não foram observadas diferenças entre os valores de VO_2 , VCO_2 e FC obtidos com a máscara e o snorkel. Os valores de VE mensurados com o snorkel foram superiores aos obtidos com a máscara. No entanto, todos os parâmetros apresentaram elevadas concordância e correlação ($r = 0,88$ a $0,97$) o que possibilita a utilização do snorkel para a mensuração válida de parâmetros cardiorrespiratórios em natação.

Já Rodríguez *et al.*²⁰ desenvolveram dois modelos de um snorkel ligado a um aparelho portátil (Cosmed K4 b2, Roma, Itália) em diferentes condições de natação e verificaram que ambos os modelos foram precisos para mensurar o VO_2 via equipamento breath-by-breath. Mas, o valor de VO_2 mensurado no snorkel de menor tamanho foi mais próximo dos valores de referência, devido ao menor espaço morto e ao volume de reinalação. Assim, os autores concluíram que ambos os equipamentos de

snorkel são válidos para mensurar a capacidade cardio-respiratória em natação.

Conclusões

Foram apresentadas diferentes metodologias de determinação do VO_2 em natação. Demonstrou-se que não existem diferenças na obtenção do VO_2 entre os métodos de retro-extrapolação a partir da recuperação, natação livre, swimming-flume, tethered-swimming e ergômetro de braço.

Embora os estudos não tenham encontrado diferenças entre as metodologias para a determinação do VO_2 , é extremamente difícil uma estimativa válida. No entanto, considerando a determinação do VO_2 em natação livre mensurado via equipamento breath-by-breath em esforços de intensidade máxima e sub-máxima, a metodologia mais próxima do nado, o conhecimento do arrasto produzido pelo equipamento precisa ser melhor investigado e é de fundamental importância, pois pode modificar a energia despendida para o nadador desempenhar a potência necessária para uma mesma velocidade imposta. Por outro lado, quando da transferência para a prática do treinamento em natação, métodos indiretos para obtenção dos valores de VO_2 , que não necessitem equipamentos, devem ser desenvolvidos e estudados, devido às dificuldades e limitações de uso dos métodos aqui revisados.

Referências

1. Bonen A, Wilson BA, Yarkony M, Belcastro AN. Maximal oxygen uptake during free, tethered, and flume swimming. **J Appl Physiol** 1980;48(2):232-235.
2. Capelli C, Pendergast D, Termin B. Energetics of swimming at maximal speed in humans. **Eur J Appl Physiol** 1998;78:385-393.
3. Carré F, Dassonville J, Beillot J, Prigent JY, Rochongar P. Use of oxygen uptake recovery curve to predict peak oxygen uptake in upper body exercise. **Eur J Appl Physiol** 1994;69:258-261.
4. Chatard JC, Lavoie JM, Lacour JR. Energy cost of front-crawl swimming in women. **Eur J Appl Physiol** 1991a;63:12-16.
5. Chatard JC, Agel AM, Lacoste L, Millet C, Paulin M, Lacour JR. Coût énergétique du crawl chez les nageuses

- de competition. Comparison avec les garçons. **Sci Sports** 1991b;6:245-251.
6. Consolazio CF, Johnson RE, Pecora LJ. **'Physiological measurements of metabolic functions in men'** New York, McGraw, 1963.
7. Diprampero PE, Pendergast DR, Wilson DW, Renne DW. Energetics of swimming in man. **J Appl Physiol** 1974;37:1-5.
8. Fernandes RJ, Cardoso CS, Soares SM, Ascensão A, Colaço PJ, Vilas-Boas JP. Time Limit and VO₂ Slow Component at Intensities Corresponding to VO₂ max in Swimmers. **Int J Sports Med** 2003;24:576-581.
9. Gullstrand L. **Swimming as an Endurance Sport**. In Shepard RJ e Astrand PO. (eds.). *End Sport*. Oxford: Blackwell Scientific Publications 1992;531-541.
10. Hólmér I. Physiology of swimming man. **Exerc Sports Sci Rev** 1979;7:87-123.
11. Keskinen KL, Rodríguez FA, Keskinen OP. Respiratory snorkel and valve system for breath-by-breath gas analysis in swimming. **Scand J Med & Sci Sports** 2003;13:322-329.
12. Konstantaki M, Swaine IL. Lactate and Cardiopulmonary Responses to Simulate Arm-Pulling and Leg-Kicking in Collegiate and Recreational Swimmers. **Int J Sports Med** 1999;20:118-121.
13. Lavoie JM, Montpetit RR. Applied Physiology of Swimming. **Sports Med** 1986;3:165-189.
14. Montpetit R, Léger L, Lavoie JM, Cazorla G. VO₂ Peak During Free Swimming Using the Backward Extrapolation of the O₂ Recovery Curve. **Eur J Appl Physiol** 1981;47:385-391.
15. Papoti M, Junior PB, Denadai BS, Lima MCS, Silva AS, Santhiago V, Gobatto CA. Adaptação da máscara do analisador de gases VO₂000 para mensuração de parâmetros cardiorrespiratórios em natação. **Rev Bras Med Esp** 2007;13(3):34-56.
16. Prioux J, Ayoub J, Houel N, Berger M, Ramonatxo M, Préfaut C. Effets de l'entraînement sur les potentials aérobies et anaérobies de jeunes nageurs. Exercice realize avec les bras. **Sci & Sports** 2001;16:306-314.
17. Poujade B, Hautier C, Rouard A. Influence de la morphologie, de VO₂max et du coût énergétique sur la performance en natation chez de jeunes nageurs. **Sci & Sports** 2003;18:182-187.
18. Ribeiro JP, Cadavid E, Baena J, Mansalvete E, Barna A, De Rose EH. Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. **Br J Sports Med** 1990;24(3):196-206.
19. Rinehardt KF, Kraemmer RR, Gormely S, Colan S. Comparison of Maximal Oxygen Uptakes from the Tethered, the 183- and 457-Meter Unimpeded Supramaximal Freestyle Swims. **Int J Sports Med** 1991;12:6-9.
20. Rodríguez FA, Keskinen KL, Kusch M, Hoffmann U. Validity of a Swimming Snorkel for Metabolic Testing. **Int J Sports Med** 2008;29:120-128.
21. Sleivert G, Mackinnon LT. The validation of backward extrapolation of submaximal oxygen consumption from the oxygen recovery curve. **Eur J Appl Physiol** 1991;63:135-139.
22. Toussaint HM, Meulemans A, Groot G, Hollander AP, Schreurs AW, Vervoorn K. Respiratory valve for oxygen uptake measurements during swimming. **Eur J Appl Physiol** 1987;56(3):363-366.
23. Toussaint HM, Hollander AP. Energetics of competitive swimming, Implications for training programmes. **Sports Med** 1994;18(6):384-405.
24. Wakayoshi K, D'Acquisto LJ, Cappaert JM, Troup JP. Relationship Between Oxygen Uptake, Stroke Rate and Swimming Velocity in Competitive Swimming. **Int J Sports Med** 1995;16:19-23.