

Estudo piloto da resposta bioenergética a diferentes ritmos respiratórios na técnica de Mariposa



1) Tiago Barbosa, 2) Kari Keskinen, 3) Ricardo Fernandes, 3) Paulo Colaço, 3) João P. Vilas-Boas

1) Departamento de Ciências do Desporto, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal

2) Departamento de Biologia da Actividade Física, Univerisdade de Jyväskylä, Finlandia

3) Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física, Universidade do Porto, Portugal

1. INTRODUÇÃO

Na técnica de Mariposa é possível adoptar diferentes ritmos respiratórios. É possível a realização de uma inspiração por cada ciclo gestual (1:1), de uma inspiração por cada dois ciclos gestuais (1:2) ou de uma inspiração por cada três ciclos gestuais (1:3). Não obstante ser possível a utilização esporádica de outros padrões de respiração, os ritmos previamente descritos são os mais frequentemente observados em contexto competitivo.

Alguns autores sugerem que diferentes padrões respiratórios terão repercussões diversas na mecânica de nado (Hahn e Krung, 1992; Cunha, 1997; Alves et al., 1999; Barbosa, 2000; Barbosa et al., 2002). Por exemplo, o ângulo absoluto entre o tronco e a horizontal, no plano sagital, é significativamente inferior nos ciclos não inspiratórios do que nos ciclos inspiratórios (Hahn e Kung, 1992; Cunha, 1997; Barbosa, 2000). Aparentemente, a adopção de ciclos não inspiratórios promoverá sujeições a forças de arrasto inferiores, dado que a área de secção transversal máxima do corpo do nadador

relativamente à direcção do deslocamento também será inferior (Clarys, 1979).

Tendo por base este enquadramento, levanta-se a questão relativa à possibilidade de utilização de diferentes ritmos respiratórios ter implicações na resposta bioenergética dos mariposistas. Do ponto de vista teórico, para atingir uma dada velocidades de nado, ao utilizar ritmos de 1:1, o nadador apresentará um dispêndio energético e/ou um custo energético superiores do que adoptando ritmos de 1:2 ou de 1:3. Esta possibilidade dever-se-á à necessidade de vencer uma força de arrasto com uma intensidade superior, no caso da realização de uma inspiração em todos os ciclos gestuais. Não conhecemos na literatura qualquer estudo sobre as consequências bioenergéticas da adopção de diferentes padrões respiratórios, na técnica de Mariposa. Foi objectivo da presente investigação efectuar um estudo piloto, comparando a resposta bioenergética à adopção de diferentes ritmos respiratórios, na técnica de Mariposa.

5. CONCLUSÕES

Em conclusão, a adopção de diferentes ritmos respiratórios induzirá alterações na resposta bioenergética, na técnica de Mariposa. Contudo, sugere-se um estudo com uma amostra mais alargada, procurando aferir se as tendências manifestadas no presente estudo revelam robustez do ponto de vista estatístico. Mesmo assim, parece que a diminuição do número de actos inspiratórios promove uma redução acentuada do Etot e do CE. Logo, em contextos competitivos, os mariposistas terão algumas vantagens em reduzir tanto quanto possível, o número de emersões das vias respiratórias.

6. REFERÊNCIAS

1. Alves, F.; Cunha, P. e Gomes-Pereira, J. (1999). Kinematic changes with inspiratory actions in butterfly swimming. In: K. Keskinen, P. Komi e P. Hollander (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, pp. 9-14. Gummerus Printing, Jyvaskyla.
2. Barbosa, T. (2000). Análise tridimensional da cinemática da técnica de mariposa ao realizarem-se ciclos de inspiração frontal, ciclos de inspiração lateral e ciclos não inspiratórios. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto. Porto.
3. Barbosa, T.; Santos Silva, J.V.; Sousa, F. e Vilas-Boas, J.P. (2002). Measurement of butterfly average resultant impulse per phase. In: K. Gianikellis (ed.). *Proceedings of the XXth International Symposium on Biomechanics in Sports*, pp 35-38. University of Extremadura. Cáceres.
4. Clarys, J.P. (1979). Human morphology and hydrodynamics. In: J. Teradus e W. Bensingfiel (eds.). *Swimming III*, pp. 3-41. University Park Press, Baltimore.
5. Cunha, P. (1997). Características cinemáticas da técnica de Mariposa em padrões respiratórios distintos. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.
6. di Prampero, P.; Pendergast, D.; Wilson, D. e Rennie, D. (1978). Blood lactatic acid concentrations in high velocity swimming. In: B. Eriksson e B. Furberg (eds.). *Swimming Medicine IV*, pp. 249-261. University Park Press, Baltimore, Maryland.
7. Fernandes, R; Cardoso, C.; Soares, S.; Ascensão, A.; Colaço, P. e Vilas-Boas, J.P. (2003). Time limit and VO₂ slow component at intensities corresponding to VO₂max in swimmers. *Int. J. Sports Med.*24(8): 576-581
8. Keskinen, K; Rodríguez, F. e Keskinen, O. (2003). Respiratory snorkel and valve system for breath-by-breath gas analysis in swimming. *Scand J Med Sci Sports.* 13: 322 – 329.
9. McArdel, W.; Galser, R. e Magel, J. (1971). Metabolic and cardiorespiratory response during free swimming and treadmill walking. *J. Appl. Physiol.* 30(5): 733-738.
10. Nomura, T. (1983). The influence of training and age on VO₂máx during swimming in japanese elite age group and olympic swimmers. In: A. Hollander, P. Huijing e G. de Groot (eds.). *Biomechanics and Medicine in Swimming*, pp. 252-257. Human Kinetics Publishers. Champaign, Illinois.
11. Peyrebrune, M.; Robinson, J.; Lakomy, H. e Nevill, M. (2003). Effects of controlled frequency breathing on maximal tethered swimming performance. In: J.-C. Chatard (ed.). *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*. pp. 379-384. Publications de l'Université de Saint-étienne. Saint-Étienne.
12. Rodríguez, F; Keskinen, K.; Keskinen, O. e Malvela, M. (2003). Oxygen uptake kinetics during free swimming: a pilot study. In: J.-C. Chatard (ed.). *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*. pp. 379-384. Publications de l'Université de Saint-étienne. Saint-Étienne.
13. Toussaint, H.; Meulemans, A.É; De Groot, G.;Hollander, A.P.; Schreurs, A.É e Vervoorn, K. (1987). Respiratory valve for oxygen uptake measurement during swimming. *Eur. J. Appl. Physiol.* 56: 363-366.
14. Zamparo, P.; Pendergast, D.; Termin, B. e Minetti, E. (2002). How fins affect the economy and efficiency of human swimming. *J Exp Biol.* 205: 2665-2676.

2. MÉTODOS

Amostra. Foram estudados 3 nadadores portugueses, incluindo duas nadadoras e um nadador, de nível desportivo nacional (17.0+/-3.6 anos de idade; 159.0+/-12.0cm de estatura; 56.9+/-10.3Kg de massa corporal; 18.0+/-8.9% de massa gorda).

Protocolo. Cada nadador realizou três percursos de 200-m Mariposa, a uma velocidade tão próxima quanto possível da máxima. A velocidade de nado no segundo e terceiro percursos foi similar à realizada no primeiro percurso. Para tal, foi utilizado um sistema de feed-back visual (GBK-Pacer, GBK Electronics, Portugal) colocado no fundo de uma piscina de 25-m. Este sistema foi programado para uma velocidade de nado igual à realizada pelo nadador no primeiro percurso de 200-m.

O intervalo de repouso entre o primeiro e o segundo percursos foi de, pelo menos, 24 horas. Já entre o segundo e o terceiro percursos, o intervalo foi no mínimo de uma hora. Todos os nadadores realizaram o primeiro percurso de 200-m utilizando o ritmo respiratório de 1:2, com inspiração frontal (1:2F) em virtude de ser dos padrões mais utilizados em contexto competitivo. No segundo percurso de 200-m, dois nadadores adoptaram o ritmo de 1:1 com inspiração frontal (1:1F). O terceiro nadador realizou ciclos não inspiratórios (0:0), isto é, o sujeito efectuou as trocas gasosas através de um tubo de respiração, mas mantendo sempre a face imersa. No último percurso dois nadadores utilizaram o padrão 0:0 e um nadador o padrão 1:1F.



Recolha dos dados. Os nadadores respiraram através de um sistema de um tubo de respiração com uma válvula acoplada (Toussaint et al., 1987; Keskinen et al., 2003; Rodríguez et al., 2003) e ligada a um analisador de gases portátil e com transmissão dos dados por telemetria (K4 b², Cosmed, Italy). Os parâmetros cardio-respiratórios e as trocas gasosas foram medidas *breath by breath* (BxB), durante todo o percurso de 200-m. Foi analisado o valor máximo de oxigénio consumido (maxVO₂), o consumo líquido de oxigénio (VO₂-net= maxVO₂ - VO₂-repouso), o quociente respiratório (R) e o volume ventilatório (VV). Amostras de sangue (25 µl) do lóbulo da orelha foram recolhidas para analisar as concentrações de lactado (YSI 1500 L, Yellow Springs, EUA) antes e imediatamente após cada percurso, assim como, 1, 3, 5 e 7 minutos após o fim do nado. Foi calculada a concentração máxima de lactatemia (La-max) e a concentração líquida de lactatemia (La-net= La-max- La-repouso).

O dispêndio energético total (E_{tot}) foi calculado através do VO₂-net e da La-net, transformado em equivalentes de VO₂, usando o valor de 2.7 mlO₂.Kg⁻¹.mmol⁻¹ (di Prampero et al., 1978). O custo energético (CE) foi calculado dividindo o E_{tot} pela velocidade de nado (di Prampero et al., 1978; Zamparo et al., 2002).

Os nadadores também utilizaram um cardio-frequencímetro (Vantage NV, Polar, Finlândia) para avaliação da frequência cardíaca máxima atingida durante a exercitação (FC).

Procedimentos estatísticos. Foram calculados os valores médios e os desvios-padrão de todas as variáveis dependentes estudadas. Para cada variável dependente também foi calculada a diferença percentual entre os valores médios dos diferentes ritmos respiratórios.



3. RESULTADOS

A comparação da velocidade de nado, ao adoptarem-se os três ritmos respiratórios é apresentada na figura 1. A velocidade média de deslocamento dos nadadores estudados, ao adoptar o ritmo de 1:2F foi de $1.15 \pm 0.17 \text{ m.s}^{-1}$, ao utilizar o ritmo de 1:1F foi de $1.12 \pm 0.12 \text{ m.s}^{-1}$ e ao realizar a técnica de Mariposa com o ritmo de 0:0 foi de $1.17 \pm 0.16 \text{ m.s}^{-1}$. Isto é, as velocidades de deslocamento, em todas as condições de excitação estudadas, foram bastante próximas entre elas.

O quadro 1 apresenta os valores médios e os respectivos desvios-padrão para as variáveis bioenergéticas estudadas, nos diferentes ritmos respiratórios.

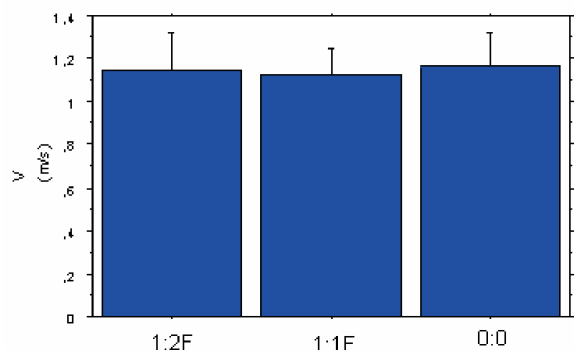


Figura1. Comparação das velocidade de nado ao adoptarem-se diferentes ritmos respirtórios.

Quadro 1. Comparação das variáveis bioenergéticas estudadas ao adoptarem-se diferentes ritmos respiratórios, a Mariposa.

	1:2F	1:1F	0:0
La-max (mmol.l ⁻¹)	11.9±/ 3.8	11.1±/ 1.5	9.6±/ 1.3
La-net (mmol.l ⁻¹)	10.9±/ 3.7	10.2±/ 1.5	9.1±/ 1.8
maxVO ₂ (ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	58.8±/ 12.3	63.4±/ 14.8	46.9±/ 3.1
VO ₂ -net (ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	53.4±/ 10.4	59.3±/ 14.1	43.1±/ 3.1
R	0.99±/ 0.1	1.05±/ 0.1	1.0±/ 0.2
Etot (ml.Kg ⁻¹ .min ⁻¹)	75.3±/ 8.6	85.2±/ 11.2	68.8±/ 6.2
CE (ml.Kg ⁻¹ .m ⁻¹)	1.14±/ 0.18	1.26±/ 0.16	0.96±/ 0.11
VV (l.min ⁻¹)	85.6±/ 28.9	100.2±/ 35.6	97.0±/ 35.2
FC (bat.min ⁻¹)	174.6±/ 3.0	169.6±/ 15.5	169.0±/ 15.1

No que se relaciona com as variáveis associadas à lactatemia, os valores médios da La-max e da La-net, comparando os três ritmos respiratórios em estudo, foram bastante próximos. O mesmo se verificou na FC e no R. Será de realçar que o desvio-padrão do R, em todos os casos, foi bastante baixo, demonstrando uma forte homogeneidade dos resultados.

O maxVO₂ e o VO₂-net foram superiores adoptando o ritmo de 1:1F do que os restantes ritmos respiratórios. Com efeito, o maxVO₂ foi 26.0% superior usando o ritmo 1:1F do que o ritmo de 0:0 e 7.25% superior ao ritmo de 1:2F. O VO₂-net foi, respectivamente, 27.3% e 9.94% superior no ritmo 1:1F do que nos ritmos 0:0 e 1:2F. Ou seja, o valor médio mais baixo ocorreu no ritmo respiratório de 0:0. Parece que a existência de actos inspiratórios, através da emersão da face, promoverá incrementos acentuados no consumo de oxigénio, especialmente quando realizados em todos os ciclos gestuais. Por outro lado, a manutenção das vias respiratórias imersas permite uma redução substancial do consumo de oxigénio.

O Etot apresentou valores médios bastante diferentes entre os três ritmos respiratórios. O valor médio mais reduzido foi observado no ritmo de 0:0, de seguida foi o ritmo de 1:2F e por fim o ritmo de 1:1F. O ritmo de 0:0 apresentou um Etot 19.24% inferior ao ritmo 1:1F e 9.44% ao ritmo 1:2F.

O CE foi superior no ritmo de 1:1F do que no ritmo de 0:0, com uma variação média de 23.8%. Isto é, o ritmo de 1:1F foi aquele que promoveu maiores gastos energéticos, quando relativizados à unidade de deslocamento. Comparando o CE entre os ritmos de 1:2F e de 0:0, o primeiro foi 18.75% superior relativamente ao segundo.

O VV foi superior no ritmo 1:1F do que nos restantes padrões respiratórios em, respectivamente, 14.57% e 3.19%. Já comparando os ritmos de 1:1F e de 0:0, os valores médios foram bastante próximos. Por outras palavras, verificou-se um VV inferior no ritmo de 1:2F do que nos ritmos de 1:1F ou de 0:0.

4. DISCUSSÃO

Foi objectivo da presente investigação comparar a resposta bioenergética à adopção de diferentes ritmos respiratórios, na técnica de Mariposa. A utilização de diferentes ritmos respiratórios parece induzir alterações acentuadas na resposta bioenergética.

O R apresentou valores similares em todos os ritmos respiratórios, rondando o valor de 1 e apresentando um desvio padrão bastante reduzido. McArdle et al. (1971) relacionou os elevados valores do R com elevadas concentrações de lactato. Quando próximo da exaustão, o lactato começa a acumular-se. Entretanto, o corpo procura reverter a acidose, libertando mais CO₂.

A FC-max não apresentou diferenças de realce entre os três ritmos respiratórios em estudo. Com base na FC-max registada e a idade dos nadadores estudados, é possível afirmar que todos eles atingiram valores de aproximadamente 85% da sua frequência cardíaca máxima teórica. No entanto, estes resultados são ligeiramente inferiores aos verificados por Nomura (1983). A explicação será valor do desvio-padrão da idade mais elevado do presente estudo, o que reflectirá uma maior amplitude de idades estudadas e, portanto, uma maior amplitude da FC-max observada. Ou seja, dada a menor homogeneidade das idades dos nadadores, em comparação com os nadadores estudados por Nomura (1983), será de esperar uma menor FC-max. Por outro lado, estes resultados são próximos dos valores médios observados por McArdle et al. (1971) ou por Peyrebrune et al. (2003), para nadadores especialistas na técnica de Crol e com idades médias próximas das obtidas no presente trabalho.

O maxVO₂ e o VO₂-net apresentaram valores médios superiores no ritmo 1:1 do que nos outros dois ritmos respiratórios em estudo. O valor médio mais baixo ocorreu no ritmo 0:0. Este facto parece confirmar a assunção de Peyrebrune et al. (2003) que, uma frequência de respiração controlada, promoverá diminuições no consumo de oxigénio.

Os valores médios do Etot e do CE foram mais reduzidos no ritmo de 0:0 do que nos ritmos de 1:1F ou de 1:2F. Por outras palavras, a ausência de emersão da face para ventilar tenderá a diminuir o Etot e o CE. Querera isto significar que caso os nadadores abstenham-se de inspirar, retirarão benefícios no que concerne com a sua eficiência de nado. Esta maior eficiência será consequência de alterações significativas na mecânica gestual. Por exemplo, quando os nadadores realizam ciclos não inspiratórios, o ângulo absoluto entre o tronco e a horizontal, no plano sagital é significativamente inferior do que nos ciclos inspiratórios (Cunha, 1997; Barbosa, 2000). A redução deste ângulo promoverá diminuições na intensidade da força de arrasto a que estarão submetidos os nadadores. Logo, o impulso resultante, com origem nas acelerações e desacelerações do corpo, será inferior (Barbosa et al., 2002). Dado que impulsos para vencer forças inerciais mais reduzidas, necessitam de menos energia, esta será a razão para os valores médios do Etot e do CE serem substancialmente inferiores no ritmo respiratório de 0:0 do que no de 1:1F ou no de 1:2F. Acresce-se que o próprio acto de respirar implica uma maior actividade da musculatura associada à expiração (Fernandes et al., 2003) levando a um aumentado Etot e do CE. Assim, em ritmos que impliquem uma maior frequência ventilatória o Etot e o CE serão superiores.

O VV foi inferior no ritmo respiratório de 1:2F do que nos restantes ritmos. A explicação será que os nadadores foram instruídos para não respirarem no ciclo em que não efectuassem a emersão da face, mantendo-se em apneia inspiratória. Todavia, nos ritmos de 1:1F e de 0:0 os sujeitos puderam inspirar e expirar em todos os ciclos gestuais. Consequentemente, o VV foi superior nos ritmos 1:1F e 0:0 do que no ritmo 1:2F. Aliás, um controlo eficaz e efectivo da frequência respiratória promoverá diminuições do VV (Peyrebrune et al., 2003).