

CINÉTICA DO CONSUMO DE OXIGÊNIO A INTENSIDADES DE NADO MODERADA E EXTREMA

CLÍNICA MÉDICA DO EXERCÍCIO E DO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

OXYGEN UPTAKE KINETICS AT MODERATE AND EXTREME SWIMMING INTENSITIES

Ana Sousa¹

Kelly de Jesus¹

Pedro Figueiredo¹

João Paulo Vilas-Boas^{1,2}

Ricardo J. Fernandes^{1,2}

1. Centro de Investigação, Formação, Inovação e Intervenção em Desporto (CIFID), Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Portugal.

2. Laboratório de Biomecânica LABIOME, Universidade do Porto, Portugal.

Correspondência:

Centro de Investigação, Formação, Inovação e Intervenção em Desporto (CIFID), Faculdade de Desporto, Universidade do Porto, Portugal.

Rua Dr. Plácido Costa 91, 4.200 Portugal.

E-mail: sousa.acm@gmail.com

RESUMO

Introdução: Tradicionalmente, os estudos da cinética do consumo de oxigênio são conduzidos a intensidades de exercício baixas, bem distintas daquelas em que o desempenho desportivo acontece. **Objetivo:** Considerando que a magnitude da cinética deste parâmetro fisiológico depende da intensidade a que o esforço é realizado, pretendeu-se com este trabalho comparar a cinética do consumo de oxigênio em 200 m *crawl* nadados a duas intensidades distintas: moderada e extrema. **Métodos:** Dez nadadores do sexo masculino, de nível internacional, realizaram dois testes separados: (i) protocolo progressivo e intervalado de 7 x 200 m, com 30 segundos de intervalo e incrementos de 0,05 m.s⁻¹ para determinação do patamar correspondente ao limiar anaeróbio; e (ii) 200 m à máxima velocidade. Em ambos, realizou-se uma recolha contínua de gases expirados respiração-a-respiração. **Resultados:** Diferenças significativas foram obtidas na amplitude e constante temporal determinadas nos 200 m nadados à intensidade extrema e moderada, respectivamente: 38,53 ± 5,30 *versus* 26,32 ± 9,73 ml. kg⁻¹.min⁻¹ e 13,21 ± 5,86 *versus* 18,89 ± 6,53 s ($p \leq 0,05$). Não foram encontradas diferenças no atraso temporal (9,47 ± 6,42 *versus* 12,36 ± 6,62 s ($p \leq 0,05$), à intensidade extrema e moderada, respectivamente. O atraso temporal correlacionou-se negativamente com a constante temporal à intensidade moderada ($r = -0,74$, $p \leq 0,05$). **Conclusões:** Ambas as intensidades estudadas foram bem descritas por aproximações mono-exponenciais, tendo-se verificado diferenças significativas entre as mesmas no que concerne à amplitude e constante temporal.

Palavras-chave: natação, cinética do consumo de oxigênio, intensidade moderada, intensidade extrema.

ABSTRACT

Introduction: Traditionally, studies regarding oxygen consumption kinetics are conducted at lower intensities, very different from those in which the sports performance occurs. **Objective:** Knowing that the magnitude of this physiological parameter depends on the intensity in which the effort occurs, it was intended with this study compare the oxygen consumption kinetics in the 200 m front crawl at two different intensities: moderate and extreme. **Methods:** Ten international male level swimmers two separate tests by 24h: (i) progressive and intermittent protocol of 7 x 200 m, with 30 seconds intervals and with increments of 0.05m.s⁻¹, to determine the anaerobic threshold correspondent step; and, (ii) 200 m at maximal velocity: in both expiratory gases were continuously collected breath-by-breath. **Results:** Significant differences were obtained between amplitude and time constant determine in the 200 m at extreme and moderate intensities, respectively (38,53 ± 5,30 ml. kg⁻¹.min⁻¹ versus 26,32 ± 9,73 ml. kg⁻¹.min⁻¹ and 13,21 ± 5,86 s versus 18,89 ± 6,53 s ($p \leq 0,05$). No differences were found in time delay (9,47 ± 6,42 s versus 12,36 ± 6,62 s, at extreme and moderate intensity, respectively ($p \leq 0,05$). A negative correlation between time delay and time constant at the moderate intensity was reported ($r = -0,74$, $p \leq 0,05$). **Conclusions:** Both intensities were well described by double-exponential fittings, and there were significant differences between them in terms of amplitude and time constant.

Keywords: swimming, VO₂ kinetics, moderate intensity, extreme intensity.

INTRODUÇÃO

A magnitude e natureza do ajuste no consumo de oxigênio (VO₂) no início de qualquer exercício físico dependem fortemente da intensidade a que o esforço é realizado¹. De fato, a intensidades moderadas, onde o exercício é realizado abaixo do limiar anaeróbio, o VO₂ atinge um rápido estado de equilíbrio após uma única fase de crescimento, denominada componente rápida². Já a uma intensidade elevada, i.e., acima do limiar anaeróbio, a cinética do VO₂ revela a existência de uma nova fase – a componente lenta –, que, ao surgir após a componente rápida, atrasa o aparecimento do estado de equilíbrio do VO₂³. A intensidades severas, onde o exercício é realizado significativamente acima do limiar anaeróbio, os valores de VO₂ e de lactato sanguíneo ([La-]) não conseguem estabilizar e, por conseguinte, a cinética do

VO₂ exibe duas componentes (rápida e lenta), terminando o exercício antes que seja possível a obtenção de um estado de equilíbrio⁴. Apesar de descrito muito recentemente, o domínio de intensidade extremo, sendo realizado a uma intensidade superior a de consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), reflete a intensidade a que a maioria dos esforços competitivos decorrem². Todavia, poucos estudos têm sido realizados no âmbito da cinética do VO₂, sendo uma temática quase inexplorada no âmbito da natação, particularmente a intensidades mais elevadas. O objetivo do presente trabalho é analisar e comparar a cinética do VO₂ a duas intensidades de nado distintas, em condições tão próximas quanto possível das obtidas em competição: (i) intensidade moderada, analisando-se 200 m *crawl* à intensidade correspondente ao limiar anaeróbio individual – lan_{ind} ; e (ii) intensidade extrema, avaliando-se 200 m *crawl* nadados à máxima intensidade.

MÉTODOS

Amostra

Participaram neste estudo 10 nadadores masculinos de nível internacional. Os valores individuais e médios (\pm dp) das suas principais características físicas e de prática de natação competitiva são apresentados na tabela 1. Os valores de massa corporal e massa gorda foram determinados através do método de análise da impedância bioelétrica (Tanita TBF 305, Tóquio, Japão). Todos os sujeitos foram previamente informados acerca dos detalhes do protocolo experimental antes dos procedimentos de recolha de dados, tendo dado o seu consentimento escrito para participar. O protocolo foi aprovado pelo comitê de ética da Instituição local.

Tabela 1. Valores individuais e média (\pm dp) das principais características físicas e de rendimento desportivo dos nadadores.

Nadador	Idade (anos)	Altura (m)	Massa corporal (kg)	Massa gorda (%)	Pontos len 200m	Anos de treino (anos)	% Record mundo 200 m
1	17	1,77	68,1	12,5	1.707,0	8	80,6
2	24	1,82	73,4	9,2	1.376,2	17	88,8
3	24	1,92	81,5	9,1	1.480,3	17	86,1
4	19	1,78	73,7	12,8	1.752,7	8	79,6
5	22	1,84	75,2	9,7	1.511,5	15	85,3
6	21	1,89	74,6	10,1	1.794,7	13	78,6
7	22	1,72	74,2	13,6	1.906,7	13	76,2
8	16	1,87	81,0	11,2	1.734,8	7	79,9
9	21	1,82	72,3	12,3	1.688,6	12	81,0
10	21	1,83	78,4	11,2	1.622,5	15	82,4
Média (\pm dp)	20,71 (\pm 2,82)	1,82 (\pm 0,06)	75,24 (\pm 4,07)	11,17 (\pm 1,60)	1.657,5 (\pm 160,7)	12,50 (\pm 3,71)	81,9 (\pm 3,9)

Instrumentos e procedimentos

Todas as sessões experimentais decorreram numa piscina de 25 m coberta e aquecida (27°C), com humidade relativa de 45%. Cada sujeito realizou dois protocolos distintos na técnica de *crawl*, tendo sido respeitado um intervalo de 24 horas entre eles. Um protocolo progressivo e intervalado de 7 x 200 m, com 30 segundos de intervalo entre cada patamar e incrementos de 0,05m/s^{5,6}. A velocidade final do último patamar foi determinada de acordo com o rendimento hipoteticamente alcançado à data aos 400 m *crawl*, subtraindo-se posteriormente seis patamares de intensidade; a velocidade de nado foi controlada através de um *pacer* luminoso (TAR 1.1, GBK – electronics, Aveiro, Portugal), colocado no fundo da piscina. Esse teste serviu para se determinar o patamar de 200 m que se situava mais próximo (ou coincidente) com a velocidade correspondente ao lan_{ind} . 24 horas após foram realizados 200 m *crawl* à máxima velocidade⁷. Em ambos os protocolos, as partidas foram efetuadas dentro de água, tendo os nadadores sido instruídos para realizarem viragens abertas, sempre para o mesmo lado e sem deslize subaquático. A mensuração do VO_2 foi efetuada através da recolha contínua de gases expirados respiração-a-respiração através de um analisador de gás portátil (K4b², Cosmed, Itália), o qual foi conectado ao nadador através de um tubo e válvula respiratórios considerados adequados para a recolha de gases ventilatórios em situação de nado⁸. Todo este aparato experimental situava-se suspenso a uma altura de 2 m da superfície da água num cabo de aço, o que possibilitou seguir o nadador ao longo da piscina, minimizando as perturbações criadas aos movimentos do executante (figura 1).

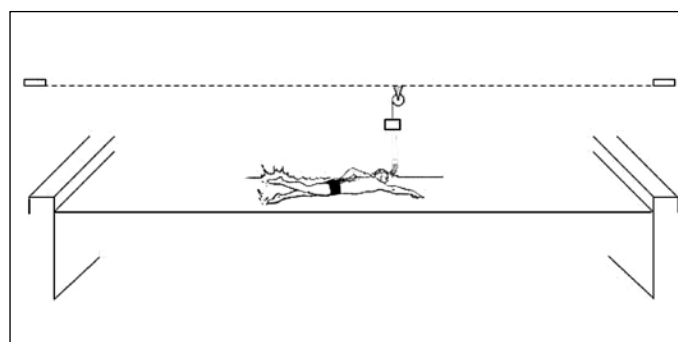


Figura 1. Aparato experimental utilizado para a recolha de gases ventilatórios.

No sentido de minimizar o ruído resultante da recolha de gases respiração-a-respiração, procedeu-se à edição posterior dos dados obtidos para excluir as respirações errantes (e.g. tosse), as quais não representam de forma real a cinética subjacente, tendo sido apenas considerados os valores compreendidos entre a média \pm quatro desvios padrão⁹. Posteriormente, os dados obtidos respiração-a-respiração foram suavizados através de uma média móvel de três respirações¹⁰ e registados em períodos médios de cinco segundos¹¹, aumentando a validade do parâmetro estimado. Coletas de sangue capilar do lóbulo da orelha foram utilizadas para determinar a $[La^-]$ utilizando-se um analisador portátil (Lactate Pro analyser, Arcay, Inc). As recolhas foram realizadas antes de cada protocolo, durante os períodos de recuperação (protocolo incremental) e no final dos mesmos (ao 1º, 3º, 5º e 7º minuto de recuperação). As $[La^-]$ permitiram, no protocolo incremental, a determinação do lan_{ind} , através do método de modelação da curva $[La^-]$ versus velocidade, assumindo-se como sendo o ponto de intercepção do melhor ajuste das regressões linear e exponencial usadas para a determinação do ponto exato do início do aumento exponencial de $[La^-]$ ^{12,13}. Em todos os nadadores da amostra, o ponto de inflexão das $[La^-]$ ocorreu ao 4º patamar do protocolo incremental. Os valores de frequência cardíaca foram continuamente monitorizados (a cada cinco segundos) através de um sistema monitor (Polar Vantage NV, Polar Electro Oy, Kempele, Finland).

Para análise da cinética do VO_2 , as curvas consideradas (dos 200m correspondentes ao lan_{ind} e dos 200 m à velocidade máxima) foram modeladas considerando uma aproximação monoexponencial (equação 1):

$$\dot{V}O_2(t) = \dot{V}_b + A * (1 - e^{-(t-D) / \tau})^{(1)}$$

Onde t é o tempo (s), V_b é o valor de VO_2 no início do exercício ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$), A é a amplitude da componente rápida ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$), TD é o tempo de início da componente rápida (s) e o t a constante temporal da componente rápida (s), i.e., o tempo necessário para alcançar 63% do *plateau* desta fase.

Complementarmente, as curvas de VO_2 correspondentes ao lan_{ind} foram ainda modeladas considerando-se duas fases exponenciais (equação 2 – biexponencial):

$$\dot{V}O_2(t) = \dot{V}_b + A_1 * (1 - e^{-(t-D_1 / \tau_1)}) + A_2 * (1 - e^{-(t-D_2 / \tau_2)})^{(2)}$$

Onde t é o tempo (s), V_b é o valor de VO_2 no início do exercício ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$), A_1 e A_2 são as amplitudes da componente rápida e lenta ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$), TD_1 e TD_2 são os tempos de início da componente rápida e lenta (s) e o t_1 e t_2 são as constantes temporais da componente rápida e lenta (s), respectivamente. O método linear dos mínimos quadrados foi implementado no programa Matlab para o ajuste desta função aos dados de VO_2 .

Análise estatística

Os valores médios (\pm desvios padrão) para análise descritiva foram obtidos para todas as variáveis em estudo, para a amostra total e cada sujeito, tendo sido verificada a normalidade da sua distribuição através do teste de Shapiro-Wilk. Para a análise estatística inferencial, foi utilizado o programa SPSS (regressão linear, e o T-Teste medidas repetidas), tendo sido estabelecido um nível de significância de 0,05. O F-Teste foi utilizado para comparar as modelações monoexponencial e biexponencial das curvas de VO_2 correspondentes à intensidade de nado ao lan_{ind} .

RESULTADOS

O F-Teste ($p = 0,91$) mostrou a homogeneidade das variâncias dos modelos monoexponencial e biexponencial usados para analisar os 200 m *crawl* realizados à intensidade correspondente ao lan_{ind} , a qual foi confirmada pela igualdade dos valores médios através do T-Teste ($p = 0,97$). Desta forma, no presente estudo, a cinética do VO_2 a intensidades moderadas e extremas parece ser bem descrita por uma função monoexponencial, não sendo vantajoso recorrer à utilização de uma função biexponencial.

Na figura 2 são apresentadas duas curvas ilustrativas da cinética do VO_2 de um nadador, quer nos 200 m correspondentes ao lan_{ind} , quer nos 200 m realizados à intensidade máxima.

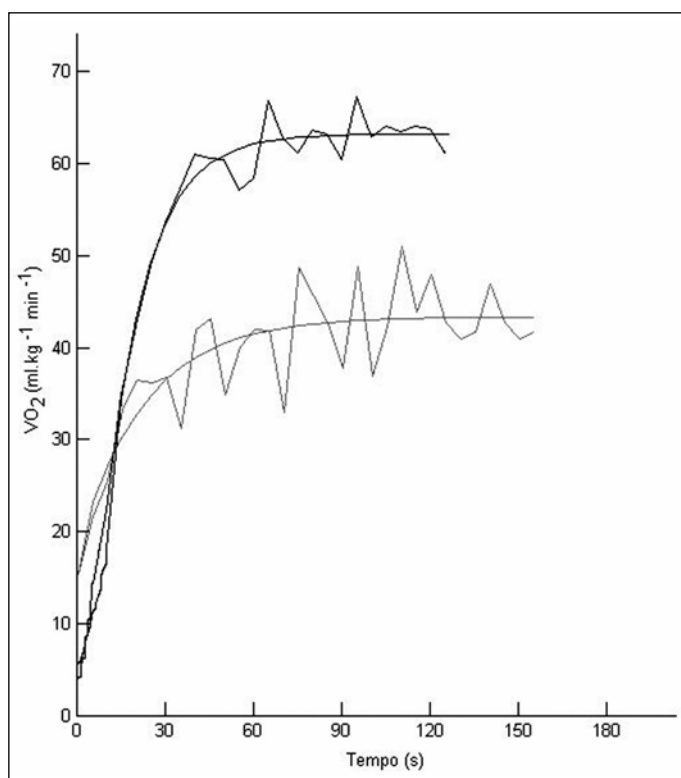


Figura 2. Exemplo de duas curvas da cinética do consumo de oxigênio correspondentes a duas intensidades distintas – ao limiar anaeróbio individual (cor cinzenta) e à máxima velocidade de 200 m *crawl* (cor preta).

Os valores médios (\pm dp) da A_{lan} , A_{200} , t_{lan} , t_{200} , TD_{lan} e TD_{200} à intensidade moderada e extrema, são apresentados na tabela 2.

Diferenças estatisticamente significativas foram obtidas em dois parâmetros cinéticos (amplitude e constante temporal) entre os 200 m realizados às intensidades do lan_{ind} e à máxima velocidade. Complementarmente, correlações negativas foram encontradas entre TD_{lan} e t_{lan} ($R = -0,74$, $p = 0,01$, figura 3). Todavia, não se verificaram mais relações significativas entre os restantes parâmetros cinéticos estudados.

Tabela 2. Valores individuais e média (\pm dp) da A_{lan} , A_{200} , t_{lan} , t_{200} , TD_{lan} e TD_{200} correspondentes ao patamar onde ocorreu o lan_{ind} no protocolo incremental e aos 200 m realizados à máxima velocidade.

Nadador	A_{lan} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	A_{200} (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	t_{lan} (s)	t_{200} (s)	TD_{lan} (s)	TD_{200} (s)
#1	38,52	44,83	23,60	18,16	4,90	19,51
#2	31,05	32,03	19,17	22,32	9,99	15,00
#3	22,86	32,54	23,75	8,82	9,51	2,36
#4	26,73	33,57	8,85	9,33	4,99	9,99
#5	37,32	36,81	20,63	14,56	7,90	9,00
#6	18,57	45,18	23,49	22,41	17,37	4,32
#7	28,92	45,63	12,93	7,05	9,99	5,15
#8	34,52	40,72	7,79	11,01	25,0	4,98
#9	31,45	36,02	9,91	7,39	20,0	19,59
#10	22,94	36,97	20,24	11,14	13,99	4,81
Média (\pm dp)	26,32 (\pm 9,73)	38,43 (\pm 5,30) *	18,89 (\pm 6,53)	13,21 (\pm 5,86) *	12,36 (\pm 6,62)	9,47 (\pm 6,42)

A_{lan} , A_{200} = amplitude dos 200 m à intensidade correspondente ao lan_{ind} e máxima velocidade, respectivamente; TD_{lan} , TD_{200} = atraso temporal dos 200 m à intensidade correspondente ao lan_{ind} e máxima velocidade, respectivamente; t_{lan} , t_{200} = constante temporal dos 200 m à intensidade correspondente ao lan_{ind} e máxima velocidade, respectivamente. * Significativamente diferente do respectivo parâmetro cinético correspondente à intensidade do limiar anaeróbio individual.

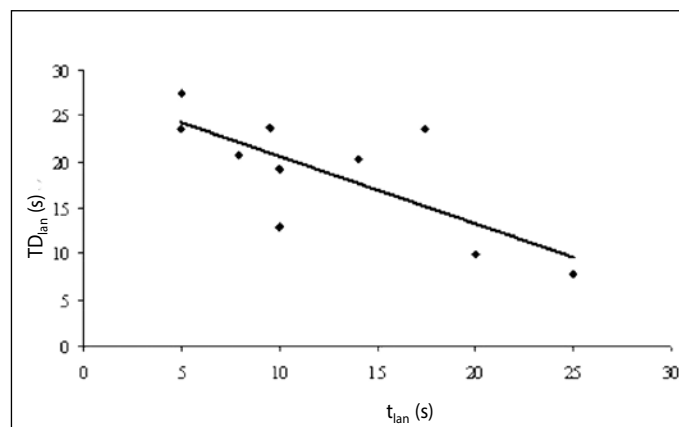


Figura 3. Relação obtida entre o tempo de início da componente rápida à intensidade correspondente ao limiar anaeróbio individual (TD_{lan}) e a constante temporal da componente rápida à intensidade correspondente ao limiar anaeróbio individual (t_{lan}) ($y = 26,62 - 0,75x$, $n = 10$, $r = -0,74$, $p \leq 0,05$).

DISCUSSÃO

O objetivo do presente trabalho foi analisar e comparar a cinética do VO_2 em 200 m *crawl* realizados a duas intensidades de nado distintas: moderada (correspondente ao lan_{ind}) e extrema (à máxima intensidade). Sendo estas duas intensidades consideradas como bastantes importantes no treino em natação pura desportiva, uma vez que são usadas para o desenvolvimento das capacidades aeróbia e anaeróbia, respectivamente, parece-nos fundamental proporcionar um melhor entendimento dos parâmetros cinéticos do VO_2 . A literatura tem conferido primazia ao estudo de intensidades de esforço baixas e moderadas, sendo escassa no que concerne aos domínios de intensidade mais elevados, os quais são os representativos dos ritmos de nado utilizados em competição. Adicionalmente, os estudos existentes decorreram em condições de avaliação inespecíficas e/ou laboratoriais (e.g. ciclo ergômetros e tapetes rolantes), comprometendo a validade

e aplicabilidade dos seus resultados. Na natação, apenas Rodríguez *et al.*¹⁴, Rodríguez *et al.*¹⁵ e Sousa *et al.*⁷ conduziram estudos a intensidades elevadas e em condições tão próximas quanto possível das condições reais de nado, sendo inexistentes estudos comparativos entre domínios de intensidade.

A intensidade de exercício abaixo do lan_{ind} caracteriza-se pela existência de três fases distintas: cardiodinâmica, rápida e a estabilização do VO_2 que surge três minutos após o início do exercício¹⁶. A intensidade imediatamente acima do lan_{ind} apresenta uma fase adicional (componente lenta), a qual retarda o aparecimento na estabilização no VO_2 , surgindo aproximadamente 10 minutos após o início do esforço². Todavia, consubstanciando-se como o limite superior da intensidade moderada e, consecutivamente, o inferior do domínio de intensidade elevado, o lan_{ind} é uma intensidade pouco estudada no que concerne à cinética do VO_2 . Não obstante, Ozyener *et al.*⁹ referem que as intensidades moderadas são bem descritas por modelações monoexponenciais, ao invés das intensidades elevadas (domínios de intensidade elevado e severo) que são melhor caracterizadas por ajustes biexponenciais.

No presente estudo, e considerando os valores do F-Teste, verificou-se que à intensidade correspondente ao lan_{ind} , a cinética do VO_2 poderá ser descrita considerando-se a existência de uma única fase (componente rápida) e, por conseguinte, a utilização de um ajuste biexponencial torna-se desnecessário. Não obstante, nenhum estudo ter sido realizado a esta intensidade específica, outros conduzidos no domínio de intensidade moderado apresentaram descrições monoexponenciais na cinética do VO_2 ¹⁷⁻²¹. No que concerne à intensidade extrema, aproximações monoexponenciais foram definidas anteriormente como sendo mais vantajosas para este domínio de intensidade⁷.

No que concerne aos parâmetros cinéticos, verificamos que os mesmos são significativamente diferentes entre as duas intensidades de exercício estudadas particularmente no que concerne à amplitude e constante temporal. Assim, foram obtidos valores mais elevados destes dois parâmetros cinéticos nos 200 m *crawl* realizados à máxima velocidade, ao contrário do atraso temporal cujos valores médios foram superiores na intensidade correspondente ao lan_{ind} . Os valores de amplitude corroboram os apresentados na literatura, quer para o domínio moderado^{3,17,19,21} quer para o domínio extremo⁷, sendo que apenas este último estudo foi conduzido em natação. A tendência para valores superiores de amplitude no domínio extremo reforça a literatura conduzida em cicloergômetro^{18,19,21} e em domínios de intensidade elevados²². Estas diferenças deverão-se aos valores mais elevados de VO_2 alcançados no domínio extremo (demanda de oxigênio superior), pois à medida em que a intensidade de esforço aumenta, o ganho na amplitude é maior. Este fato está bem explanado na figura 2, onde são visíveis os valores mais elevados de VO_2 atingidos no final do exercício.

Não obstante o referido, verificam-se também valores mais elevados de VO_2 no início do esforço moderado, comparativamente ao esforço realizado à intensidade extrema. Tal fato deve-se à realização precedente dos patamares de 200 m *crawl* incluídos no protocolo utilizado (cf. secção de instrumentos e procedimentos) e que, apesar de realizados a baixa intensidade, induziram um aumento dos valores de VO_2 basais no início do patamar seguinte. Todavia, estudos conduzidos referem que apenas o exercício prévio de intensidade elevada condiciona e influencia os esforços posteriores, nomeadamente a cinética da componente lenta do VO_2 ^{23,24}. Desta forma, parece-nos que a existência de patamares de baixa intensidade precedentes ao esforço correspondente ao lan_{ind} não influenciaram

a respectiva cinética de VO_2 ao lan_{ind} . Diferenças significativas foram para a constante temporal, sendo maior à intensidade correspondente ao lan_{ind} , contrariando assim alguns estudos que referem a constância deste parâmetro ao longo das diferentes intensidades^{17,19,21}. Todavia, de notar que estes últimos foram conduzidos em cicloergômetro e comparando domínios de intensidade moderados a elevados e/ou severos.

Não obstante o referido, os valores da constante temporal observados para os 200 m *crawl* realizados à máxima intensidade são inferiores aos reportados na literatura da especialidade^{14,15}, particularmente para as distâncias de 100 e 400 m, mas semelhantes aos de Sousa *et al.*⁷, para a mesma distância. Para a intensidade correspondente ao lan_{ind} , os valores apresentados corroboram os reportados na literatura para esforços realizados em cicloergômetro¹⁷⁻²¹. No presente estudo, o fato da constante temporal não ser semelhante entre as duas intensidades parece dever-se à intensidade extrema em que os 200 m *crawl* foram realizados. Assim, e uma vez que o valor da constante temporal descreve o perfil de adaptação dos sistemas cardiovascular e muscular à intensidade de esforço realizado²⁵, a necessidade súbita e exponencial de VO_2 a intensidades superiores (figura 2) poderão explicar os valores inferiores deste parâmetro.

O atraso temporal foi o único parâmetro cinético onde não se verificaram diferenças significativas entre as duas intensidades estudadas, corroborando os estudos que compararam os domínios de exercício moderado e elevado¹⁷ e moderado e severo¹⁹. Todavia, Pringle *et al.*²¹ mostraram que este parâmetro varia entre os domínios moderado, elevado e severo. Apesar dos valores médios encontrados no nosso estudo serem inferiores aos apresentados na literatura para o domínio moderado^{17,19,21}, os valores correspondentes ao domínio extremo são condizentes com o único estudo efetuado no âmbito da natação para a distância de 200 m⁷. No domínio moderado, as diferenças encontradas poder-se-ão dever ao fato dos estudos referidos terem sido conduzidos em modalidades desportivas diferentes.

A correlação negativa observada entre o atraso e a constante temporal nos 200 m *crawl* realizados às intensidades do lan_{ind} não foi reportada anteriormente na literatura; todavia, na presente amostra os nadadores, cuja componente rápida de VO_2 se iniciou mais cedo (atraso temporal menor), foram também aqueles que necessitaram de mais tempo (constante temporal maior) até atingirem a estabilização no consumo de VO_2 . Assim, o nível de rendimento desportivo da nossa amostra (elevado nível) bem como a sua especialidade (nadadores de curtas distâncias) parecem-nos ser dois fatores explicativos das correlações aqui reportadas.

CONCLUSÃO

Ambas as intensidades estudadas foram bem descritas por aproximações monoexponenciais, tendo-se verificado diferenças significativas entre as mesmas no que concerne à amplitude e constante temporal. Assim, foram obtidos valores mais elevados destes dois parâmetros cinéticos nos 200 m *crawl* realizados à máxima velocidade, ao contrário do atraso temporal cuja média foi maior na intensidade correspondente ao lan_{ind} . Complementarmente, foram obtidas correlações negativas entre o TD_{lan} e t_{lan} .

AGRADECIMENTOS

Fundação para a Ciência e Tecnologia (PTDC/DES/101224/2008; SFRH/BD/72610/2010).

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

1. Jones A, Burnley M. Oxygen uptake kinetics: an underappreciated determinant of exercise performance. *Int J Sport Physiol Perform* 2009;4:524-32.
2. Burnley M, Jones A. Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance. *Eur J Sport Sci* 2001;7:63-79.
3. Barstow TJ, Mole PA. Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *J Appl Physiol* 1991;71:2099-106.
4. Gaesser GA, Poole DC. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise Sport Sci R* 1996;24:35-70.
5. Fernandes RJ, Cardoso CS, Soares SM, Ascensão A, Colaço PJ, Vilas-Boas JP. Time limit and VO₂ slow component at intensities corresponding to VO₂max in swimmers. *Int J Sport Med* 2003;24:576-81.
6. Fernandes RJ, Keskinen KL, Colaço P, Querido AJ, Machado L, Morais PA, et al. Time limit at VO₂max velocity in elite crawl swimmers. *Int J Sport Med* 2008;29:145-50.
7. Sousa A, Figueiredo P, Oliveira N, Oliveira J, Silva A, Keskinen KL, et al. VO₂ kinetics in 200-m race-pace front crawl swimming. *Int J Sport Med* 2011;32:1-6.
8. Baldari C, Guidetti L, Meucci M. Measuring energy expenditure in swimming to assess gross mechanical efficiency. *Port J Sport Sci* 2011;11(suppl 3):65-8.
9. Ozyener F, Rossiter H, Ward S, Whipp B. Influence of exercise intensity on the on and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *J Physiol* 2001;533:891-902.
10. Guidetti L, Emerenziani G, Gallotta M, Silva S, Baldari C. Energy cost and energy sources of a ballet dance exercise in female adolescents with different technical ability. *Eur J Appl Physiol* 2008;103:315-21.
11. Sousa A, Figueiredo P, Oliveira N, Oliveira J, Keskinen KL, Vilas-Boas JP, et al. Comparison between VO₂peak and VO₂max at different time intervals. *Open Sports Sci J* 2010;3:22-4.
12. Fernandes R, Sousa M, Machado L, Vilas-Boas JP. Step Length and Individual Anaerobic Threshold Assessment in Swimming. *Int J Sport Med* 2011;32:940-6.
13. Machado L, Almeida M, Morais P, Fernandes RJ, Vilas-Boas JP. Assessing the individual anaerobic threshold: the mathematical model. *Port J Sport Sci* 2006;6:142 - 144.
14. Rodríguez F, Keskinen K, Malvela M, Keskinen O. Oxygen uptake kinetics during free swimming: a pilot study. In: Chatard, J.E. (ed). IX Biomechanics and Medicine in Swimming 2003. Publications de l'Université de Saint-Étienne, 2003;379-84.
15. Rodríguez F, Keskinen K, Keskinen O. Oxygen uptake kinetics during front crawl swimming. *Arch Med Sport* 2008;25:128.
16. Xu F, Rhodes E. Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Med* 1999;27:313-27.
17. Carter H, Jones A, Barstow T, Burnley M, Williams A, Doust J. Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. *J Appl Physiol* 2000;89:899-907.
18. Carter H, Pringle J, Jones A, Doust J. Oxygen uptake during treadmill running across exercise intensity domains. *Eur J Appl Physiol* 2002;86:347-54.
19. Cleuziou C, Perrey S, Borrani F, Lecoq AM, Courteix D, Germain P, et al. VO₂ and EMG activity kinetics during moderate and severe constant work rate exercise in trained cyclists. *Can J Appl Physiol* 2004;29:758-72.
20. Fawcner S, Armstrong N, Potter C, Welsman J. Oxygen uptake kinetics in children and adults after the onset of moderate intensity exercise. *J Sport Sci* 2002;20:319-26.
21. Pringle J, Doust J, Carter H, Tolfrey K, Campbell I, Jones A. Oxygen uptake kinetics during moderate, heavy and severe intensity "submaximal" exercise in humans: the influence of muscle fibre type and capillarisation. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:289-300.
22. Scheuermann B, Barstow T. O₂ uptake kinetics during exercise at peak O₂ uptake. *J Appl Physiol* 2003;95:2014-22.
23. Koppo K, Bouckaert J. In humans the oxygen uptake slow component is reduced by prior exercise of high as well as low intensity. *Eur J Appl Physiol* 2000;83:559-65.
24. Koppo K, Bouckaert J. The effect of prior high intensity cycling exercise on the VO₂ kinetics during high intensity cycling exercise is situated at the additional slow component. *Int J Sport Med* 2000;22:21-6.
25. Markovitz G, Sayre J, Storer T, Cooper C. On issues of confidence in determining the time constant for oxygen uptake kinetics. *Brit J Sport Med* 2004;38:553-60.