

Diferentes modos de exercício realizados até à exaustão a 100% do VO₂max implicarão diferentes cinéticas do VO₂ durante e após o esforço?

Autores

Ana Sousa¹ Pedro Figueiredo² Luís Rama³ Carlo Baldari⁴ Ricardo Fernandes⁵

sousa.acm@gmail.com

RESUMO

Objectivo: A magnitude do ajuste do consumo de oxigénio (VO₂) durante (on) e após (off) um esforço parece depender fortemente do modo de exercício realizado. Todavia, esta análise é escassa, dificultando a prescrição de treino para a melhoria do desempenho desportivo. O objetivo do presente trabalho foi comparar a cinética on e off-VO₂ de um esforço sustentado até à exaustão (T_{lim}) realizado em natação, remo, corrida e ciclismo a uma intensidade correspondente ao consumo máximo de oxigénio (VO₂max). MÉTODOS: Quatro subgrupos de 9 nadadores, 9 remadores, 9 corredores e 9 ciclistas realizaram: (i) um protocolo incremental para avaliação da velocidade (vVO₂max) ou potência (wVO₂max) associado ao VO₂max e (ii) um exercício retangular de transição entre repouso até à vVO₂max/wVO₂max para determinar o T_{lim}. O VO₂ foi diretamente medido, durante e após o esforço, através de um analisador de gases portátil (K4b2, Cosmed, Roma, Itália) e a respetiva cinética on e off analisada através de um ajuste bi-exponencial. RESULTADOS: Não houve diferenças no T_{lim} entre os diferentes modos de exercício (natação 189±23, remo 198±45, corrida 242±40 e ciclismo 223±38 s; média ± DP). Todavia, não só a cinética on-VO₂ foi mais lenta em natação (20±3 s), comparativamente com os outros três modos de exercício (remo 13 ± 4, corrida 10 ± 4 e ciclismo 16 ± 7 s, p<0.001), assim como a cinética off-VO₂ (65±6), quando comparada com o remo e o ciclismo (55±5 and 56±3 s, p<0.001, respetivamente). CONCLUSÕES: O T_{lim} foi semelhante entre os modos de exercício, todavia, as diferenças mecânicas entre estes contribuíram para padrões distintos da cinética on e off-VO₂ a uma intensidade correspondente ao VO₂max.

Palavras-chave

Cinética VO₂, Modos de Exercício, Esforço, Recuperação

¹ Centro de Investigação, Formação, Inovação e Intervenção em Desporto (CIF12D) - Faculdade de Desporto da Universidade do Porto

² Escola de Educação Física - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

³ Centro de Investigação do Desporto e da Atividade Física - Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra

⁴ Departamento de Ciências da Saúde – Universidade de Roma “Foro Italico” Centro de Investigação,

⁵ Formação, Inovação e Intervenção em Desporto (CIF12D) - Faculdade de Desporto da Universidade do Porto e Laboratório de Biomecânica do Porto

INTRODUÇÃO

A magnitude e natureza do ajuste do consumo de oxigénio (VO_2) durante e após um esforço parecem depender fortemente do modo de exercício que é realizado (12). Os estudos disponíveis na literatura têm quase exclusivamente comparado a corrida com o ciclismo durante a fase de esforço (6, 10, 13), sugerindo que a constante temporal e a amplitude da componente lenta do on- VO_2 é mais curta na corrida em comparação com o ciclismo. Este contexto parece ser fisiologicamente benéfico pois implica um menor recrutamento de energia anaeróbia durante a transição repouso-esforço (menor défice de oxigénio), contribuindo para uma maior tolerância ao esforço (4). No que concerne à fase de recuperação pós-exercício, apenas a comparação entre o trabalho de membros superiores e membros inferiores foi analisada (16), tendo-se verificado diferenças apenas na amplitude da componente rápida do off- VO_2 . De facto, nenhum estudo até à data comparou diretamente a cinética on e off- VO_2 entre outros modos de exercício, sendo desconhecidas as potenciais diferenças nos perfis da cinética on e off- VO_2 em modos de exercício distintos. Comparando a corrida e o ciclismo, exercícios predominantemente realizadas por contração muscular dos membros inferiores, as suas diferenças mecânicas são atribuídas ao regime de contração muscular (17). De facto, o trabalho concêntrico no ciclismo tem uma eficiência de locomoção mais baixa em comparação ao da corrida (que se baseia no ciclo de alongamento-encurtamento) (3), podendo implicar diferentes padrões cinéticos. Por outro lado, o remo, assim como o ciclismo, é um modo de exercício “não-carga”, recrutando, no entanto, uma maior percentagem de massa muscular que potencialmente pode comprometer a perfusão muscular (19). De todos os modos de exercício, a posição horizontal adotada em natação, com menor pressão de perfusão muscular, poderá contribuir ainda para um atraso na disponibilidade de oxigénio a nível celular (14).

Se as diferenças anteriormente descritas entre modos de exercício têm um efeito potencial sobre a cinética on e off- VO_2 é ainda desconhecido. Esta análise será útil para caracterizar o perfil fisiológico de um modo de exercício específico, durante e após o esforço, promovendo desta forma a melhoria de estratégias adequadas à especificidade da forma de locomoção, que irão, conseqüentemente, promover uma melhoria individualizada no seu desempenho. Face ao exposto, o objetivo do presente trabalho é comparar a cinética on e off- VO_2 de um esforço sustentado até à exaustão realizado em natação, remo, corrida e ciclismo a uma intensidade correspondente ao consumo máximo de oxigénio (VO_{2max}). Sugere-se que o modo de exercício efetuado contribuirá para distintos padrões da cinética on e off- VO_2 a uma intensidade correspondente ao VO_{2max} .

MATERIAL E MÉTODOS

Amostra

Quatro subgrupos de 9 nadadores, 9 remadores, 9 corredores e 9 ciclistas (especialistas em distâncias de 400m, 2000m, 1500/3000m e de estrada, respetivamente), de nível nacional e internacional participaram no estudo (Tabela 1). Após a aprovação do comité de ética da instituição e de acordo com declaração de Helsínquia, os participantes foram informados

acerca dos procedimentos experimentais e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Tabela 1. Características físicas dos nadadores, remadores, corredores e ciclistas participantes no estudo (média \pm DP).

Grupo	Nadadores	Remadores	Corredores	Ciclistas
Idade (anos)	18.5 \pm 3.3	25.4 \pm 2.7	24.9 \pm 2.4	24.7 \pm 3.3
Altura (m)	1.79 \pm 0.05	1.79 \pm 0.05	1.74 \pm 0.06	1.78 \pm 0.05
Massa corporal (kg)	70.2 \pm 5.3	75.6 \pm 4.2	61.1 \pm 7.1	67.9 \pm 3.6

Desenho Experimental

Os sujeitos foram testados, numa piscina interior de 25m (nadadores), num remo ergómetro - Concept II, Modelo D, CTS, Inc. (remadores), numa pista exterior de 400m (corredores) e num rolo - CycleOps, Madison, EUA (ciclistas), em duas ocasiões: i) o VO₂max e a velocidade (vVO₂max) ou a potência (wVO₂max) associadas com a intensidade do VO₂max foram determinados através de um protocolo incremental até a exaustão (cf. Figura 1), e ii) 24-48h após, todos os sujeitos completaram um exercício retangular de transição entre repouso até à intensidade correspondente à vVO₂max/wVO₂max para determinar o tempo sustentado até a exaustão (T_{lim}). Em todos os modos de exercício este teste consubstanciou-se em quatro fases distintas: (i) 10min de aquecimento realizado a 50% do vVO₂max/wVO₂max; (ii) recuperação passiva de 5 minutos, (iii) manutenção da vVO₂max/wVO₂max previamente determinada até a exaustão, e (iv) a recuperação passiva até que os valores ventilatórios basais fossem atingidos.

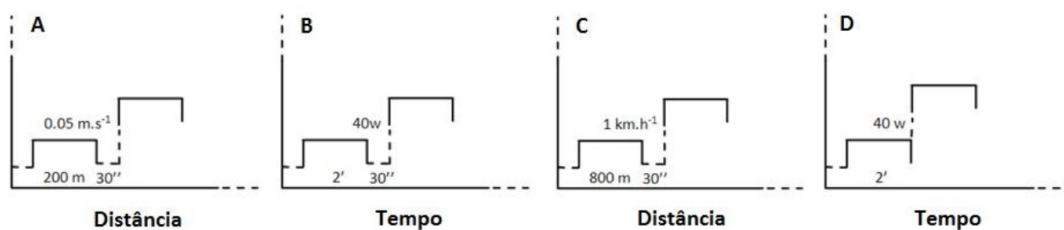


Figura 1. Representação esquemática dos protocolos incrementais até à exaustão realizados pelos nadadores (A), remadores (B), corredores (C) e ciclistas (D).

Recolha dos Dados

A medição do VO₂ foi efetuada através da recolha contínua de gases expirados respiração-a-respiração através de um analisador de gás portátil (K4b2, Cosmed, Itália, calibrado antes de cada teste de acordo com as instruções do fabricante), o qual foi conectado, na natação, através de um tubo e válvula respiratórios considerados adequados para a recolha de gases ventilatórios em situação de nado (1). 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. A velocidade de nado foi controlada através de um pacer luminoso (TAR 1.1, GBK – electronics, Aveiro, Portugal), colocado no fundo da piscina. No remo, corrida e ciclismo, o analisador de gás portátil foi conectado através de uma máscara e todo o aparato foi colocado perto do centro de massa do corpo, adicionando apenas 800 g à massa total do sujeito. A velocidade de corrida foi controlada através de feedback auditivo (apito) emitido em marcadores colocados em intervalos de 100 m, enquanto no ciclismo e remo, a potência pré-definida foi controlada através de feedback visual.

Análise dos Dados

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, deglutição e interrupções de sinal), as quais não representam de forma real a cinética subjacente, tendo sido apenas considerados os valores compreendidos entre a média ± 4 desvios-padrão (9). Posteriormente, os dados obtidos respiração-a-respiração foram suavizados através de uma média móvel de 3 respirações, registados em períodos médios de 5s, aumentando desta forma a confiança do parâmetro estimado.

O VO_{2max} (determinado de acordo com critérios previamente estabelecidos (11)) e VO_{2peak} foram determinados ao longo dos últimos 60 s de exercício, e definidos como sendo os valores máximos obtidos no protocolo incremental e no teste de determinação do T_{lim} , respetivamente.

Para análise da cinética do VO_2 , as curvas consideradas (durante e após os testes de T_{lim}) foram modeladas considerando-se aproximações bi-exponenciais (equações 1 e 2 para a fase de esforço e recuperação, respetivamente):

$$VO_2(t) = V_b + A_1 \cdot (1 - e^{-(t-TD_1)/t_1}) + A_2 \cdot (1 - e^{-(t-TD_2)/t_2}) \quad (\text{Equação 1})$$

$$VO_2(t) = V_b + A_1 \cdot (e^{-(t-TD_1)/t_1}) + A_2 \cdot (e^{-(t-TD_1)/t_2}) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde t é o tempo (s), V_b é o valor de VO_2 basal no início (equação 1) ou fim (equação 2) do exercício ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), A_1 e A_2 são as amplitudes da componente rápida e lenta ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$), 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), respetivamente. O método linear dos mínimos quadrados foi implementado no programa Matlab (Mathworks, EUA) para o ajuste desta função aos dados de VO_2 .

Análise Estatística

Os valores médios (\pm desvio-padrão) para análise descritiva foram obtidos para todas as variáveis em estudo em cada subgrupo, tendo sido verificada a normalidade da sua distribuição através do teste Shapiro-Wilk. Para a análise estatística inferencial foi realizada uma ANOVA de medidas independentes e o ajuste de Bonferroni para a análise de comparações múltiplas utilizando o programa SPSS 19.0 (nível de significância de 0.05). O tamanho do efeito considerado foi o η^2 resultante da ANOVA de medidas independentes.

RESULTADOS

Os valores médios (\pm DP) do VO₂ em ambos os testes e o Tlim nos exercícios retangulares são apresentados na Figura 2, para cada modo de exercício.

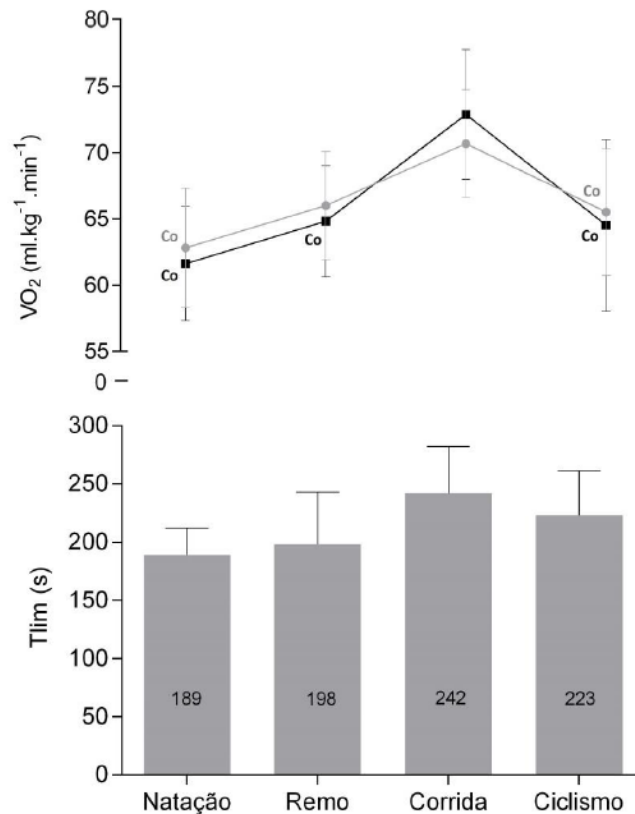


Figura 2. Painel superior: Média (\pm DP) do VO₂ obtido durante os protocolos incrementais (VO_{2max} - cinzento) e os exercícios retangulares de transição entre repouso até à intensidade correspondente à vVO_{2max}/wVO_{2max} (VO_{2peak} - preto) em nadadores, remadores, corredores e ciclistas. As diferenças significativas entre cada grupo são indicadas por ^{Co} em comparação à corrida ($p < 0.05$). Painel inferior: Média (\pm DP) do tempo sustentado até à exaustão durante os exercícios retangulares de transição entre repouso até à intensidade correspondente à vVO_{2max}/wVO_{2max} em nadadores, remadores, corredores e ciclistas.

Não foram observadas diferenças significativas no Tlim entre grupos ($p \geq 0.05$, $\eta^2 = 0.40$). Todavia, durante os protocolos incrementais, os nadadores ($p \leq 0.001$) e ciclistas ($p \leq 0.05$) evidenciaram um VO_{2max} inferior comparativamente aos corredores. Durante os exercícios retangulares os nadadores ($p \leq 0.001$), remadores ($p \leq 0.05$) e ciclistas ($p \leq 0.001$) evidenciaram um VO_{2peak} inferior comparativamente aos corredores.

Os valores médios (\pm DP) dos parâmetros caracterizadores da cinética do consumo do VO₂ durante (on-VO₂) e após (off-VO₂) os exercícios retangulares são apresentados na Tabela 2, para cada modo de exercício.

Tabela 2. Parâmetros caracterizadores da cinética do consumo do VO₂ durante (on-VO₂) e após (off-VO₂) os exercícios retangulares de transição entre repouso até à intensidade correspondente a $v\dot{V}O_{2max}/w\dot{V}O_{2max}$ em nadadores, remadores, corredores e ciclistas. As diferenças significativas entre cada grupo são indicadas por ^{Re}, ^{Co} e ^{Ci} em comparação ao remo, corrida e ciclismo, respetivamente ($p < 0.05$) (Média ± DP).

Parâmetros Cinéticos	Natação	Remo	Corrida	Ciclismo
Esforço (on-VO₂)				
V _{bon} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	18.5±2.1	19.5±4.0	17.5±5.0	17.1±4.6
A _{1on} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	34.6±7.5 ^{Re,Co,Ci}	42.7±4.7	48.2±5.0 ^{Re,Ci}	41.1±6.0
TD _{1on} (s)	11.7±5.8	12.8±4.9	13.3±4.1	13.5±4.6
τ _{1on} (s)	20.3±3.2 ^{Re,Co,Ci}	13.2±4.1	10.3±3.7 ^{Ci}	15.6±6.8
A _{2on} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	6.7±2.5	5.4±2.7	7.3±1.7	6.8±2.0
TD _{2on} (s)	62.5±26.2	69.8±9.3	69.2±10.9	81.4±11.3
τ _{2on} (s)	115±30.9 ^{Re,Co,Ci}	52.4±26.4	86.5±31.9	50.3±29.2
Recuperação (off-VO₂)				
V _{boff} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	9.4±3.7	10.5±2.2	10.0±2.9	9.9±2.2
A _{1off} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	37.4±7.9	40.1±5.6	48.2±5.3 ^{Ci}	37.3±7.3
TD _{1off} (s)	10.8±6.4	10.7±4.7	10.7±2.9	10.1±5.5
τ _{1off} (s)	65.4±5.8 ^{Re,Ci}	55.5±4.6	61.2±6.7	55.9±2.6
A _{2off} (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	12.1±6.1	12.1±2.4	11.9±4.7	11.7±5.1
τ _{2off} (s)	23.5±3.9	21.7±2.5	21.9±2.9	19.9±2.9

V_b: VO₂ basal no início (on-VO₂) ou fim (off-VO₂) do exercício; A₁ e A₂: amplitudes da componente rápida e lenta; TD₁ e TD₂: tempos de início da componente rápida e lenta; τ₁ e τ₂: constantes temporais da componente rápida e lenta; on: referente à fase de esforço; off: referente à fase de recuperação

No que concerne à cinética on-VO₂, a t_{1on} ($p \leq 0.05$, $\eta^2 = 0.29$) e t_{2on} ($p \leq 0.05$, $\eta^2 = 0.31$) foram superiores na natação comparativamente com os outros 3 modos de exercício. A t_{1on} foi, pelo contrário, inferior na corrida comparativamente ao ciclismo ($p \leq 0.05$). Complementarmente, a A_{1on} foi inferior na natação ($p \leq 0.05$) e superior na corrida ($p \leq 0.05$) comparativamente aos outros 3 modos de exercício. Relativamente à cinética off-VO₂, não foram encontradas diferenças significativas entre os modos de exercícios, com a exceção da t_{1off} (superior na natação comparativamente ao remo e ciclismo ($p \leq 0.05$)) e A_{1off} (superior na corrida comparativamente ao ciclismo - $p \leq 0.05$). Não foram encontradas diferenças na A_{2on} e A_{2off} entre os diferentes modos de exercício.

DISCUSSÃO

O objetivo do presente trabalho foi comparar a cinética on e off-VO₂ de um esforço sustentado até à exaustão realizado em natação, remo, corrida e ciclismo a uma intensidade correspondente ao VO₂max. A hipótese de que o modo de exercício efetuado contribuiria para distintos padrões da cinética on e off-VO₂ foi corroborada já que foram encontradas diferenças significativas na cinética on-VO₂ (A_{1on}, t_{1on} e t_{2on}) e off-VO₂ (A_{1off} e t_{1off}). Complementarmente, não foram observadas diferenças significativas no T_{lim} entre modos de exercício.

Os valores de VO₂max foram superiores nos corredores comparativamente aos nadadores e ciclistas, sem diferenças significativas entre os outros modos de exercício, facto que poderá ser explicado pelo uso de uma maior massa muscular durante a corrida (9). Assim, os movimentos dos membros superiores e tronco durante a corrida poderão ter contribuído para uma maior exigência de VO₂ comparativamente ao ciclismo, onde estas estruturas parecem ter uma menor contribuição para o VO₂ total do exercício (10). A ausência de diferenças verificada entre VO₂max e VO₂peak foi previamente reportado na literatura para a maioria das modalidades cíclicas, refletindo desta forma a execução de uma intensidade semelhante nos dois testes (2). A inexistência de diferenças no T_{lim} entre os modos de exercício estudados corrobora estudos prévios (2, 8), demonstrando que o T_{lim} é independente do modo de exercício realizado, tal como foi previamente sugerido para a intensidade de potência/velocidade crítica (5). Não obstante, e considerando o tamanho do efeito encontrado ($\eta^2=0.40$), recomendam-se durações totais de exercício de ~200 s (para a natação e o remo) e ~250 s (para a corrida e o ciclismo) sempre que a intensidade de VO₂max seja exercitada em séries com duração semelhante ao T_{lim}.

No que concerne à cinética on-VO₂, a t_{1on} foi superior em nadadores comparativamente aos outros 3 modos de exercício, o que poderá ser explicado pela posição horizontal adotada em natação. De facto, a pressão de perfusão muscular na posição horizontal é menor, resultando numa maior t_{1on} (14). A posição horizontal também reduz a pressão hidrostática sanguínea nos membros inferiores apesar de induzir um aumento do retorno venoso (15). Coletivamente estes resultados parecem sugerir que os nadadores, ao contrário dos outros modos de exercício, poderão beneficiar mais de uma maior duração de esforço (~90 s) sempre que a intensidade de VO₂max seja exercitada em condições de treino intervalado, contrastando com a duração total de esforço que seria inferior (~200s). Complementarmente, a t_{1on} foi superior em ciclistas comparativamente aos corredores, e apesar de este facto já ter sido anteriormente reportado (10), a explicação para esta diferença não é totalmente clara, podendo refletir diferenças no tipo de ações musculares envolvidas. Em contraste com a corrida, o ciclismo envolve elevados níveis de tensão muscular, o que poderá levar a oclusão dos vasos sanguíneos e, por conseguinte, impedir o fluxo sanguíneo e o fornecimento de oxigénio, atrasando assim a resposta do VO₂. A corrida, por outro lado, tem períodos de baixa produção de força (fase aérea), o que deverá facilitar o fluxo sanguíneo muscular e o fornecimento de oxigénio e, acelerando assim a resposta do VO₂ (7). Face ao exposto, sugere-se que os corredores poderão, em comparação com os ciclistas (~70 s), beneficiar mais de uma menor duração de esforço (~50 s) sempre que a intensidade de VO₂max seja exercitada em condições de treino intervalado,

embora com durações totais de esforço semelhantes (~250s). Por fim, a A1on dos corredores foi superior comparativamente aos outros 3 modos de exercício, refletindo desta forma as diferenças encontradas no VO₂peak entre os mesmos.

No que concerne à cinética off-VO₂, os nadadores evidenciaram uma t1off superior comparativamente aos remadores e ciclistas, sugerindo que a posição horizontal adotada durante o esforço influencia para além da fase de esforço, também a recuperação do mesmo. De facto, a cinética off-VO₂ foi reportada como sendo um reflexo da cinética da fosfocreatina a nível muscular (18), que por sua vez reflete a taxa de respiração mitocondrial, e, por conseguinte, a capacidade oxidativa músculo-esquelética. Assim, os valores superiores da t1off encontrados nos nadadores poderão ser atribuídos a uma menor capacidade muscular oxidativa devido à posição horizontal adotada. Face ao exposto, sugere-se que os nadadores, comparativamente aos remadores e ciclistas, poderão beneficiar mais de uma maior duração de intervalos de recuperação após a realização de um esforço à intensidade de VO₂max até que os valores ventilatórios basais sejam repostos. Complementarmente, a A1off dos corredores foi superior comparativamente aos ciclistas, refletindo desta forma as diferenças encontradas no VO₂peak entre os mesmos.

CONCLUSÕES

Não obstante o Tlim a uma intensidade correspondente ao VO₂max ser similar entre os modos de exercício estudados, sugerem-se durações totais de exercício de ~200 s (para a natação e o remo) e ~250 s (para a corrida e o ciclismo) sempre que a intensidade de VO₂max pretenda ser exercitada em condições de treino. A cinética on-VO₂ foi caracterizada por valores superiores da t1on em nadadores, sugerindo que os mesmos poderão beneficiar mais de uma maior duração de esforço (~90 s) comparativamente aos corredores (~50 s), ciclistas (~70 s) e remadores (~60 s) sempre que a intensidade de VO₂max pretenda ser exercitada em condições de treino intervalado. As diferenças mecânicas entre os modos de exercícios estudados contribuíram também para uma cinética off-VO₂ mais lenta nos nadadores, sugerindo que estes poderão beneficiar mais de uma maior duração de intervalos de recuperação após a realização de um esforço à intensidade de VO₂max até que os valores ventilatórios basais sejam repostos, comparativamente aos remadores e ciclistas.

BIBLIOGRAFIA

1. Baldari C, Fernandes R, Meucci M, Ribeiro J, Vilas-Boas J, Guidetti L. *Is the new AquaTrainer® snorkel valid for VO₂ assessment in swimming? Int J Sports Med.* 2013;34(4):336-44.
2. Billat V, Faina M, Sardella F et al. *A comparison of time to exhaustion at VO₂max in elite cyclists, kayak paddlers, swimmers and runners. Ergonomics.* 1996;39(2):267-77.

3. Billat V, Richard R, Binsse V, Koralsztein J, Haouzi P. *The VO₂ slow component for severe exercise depends on type of exercise and is not correlated with time to fatigue.* *J Appl Physiol.* 1998;85(6):2118-24.
4. Burnley M, Jones AM. *Oxygen uptake kinetics as a determinant of sports performance.* *Eur J Sport Sci.* 2007;7(2):63-79.
5. Carter H, Deckerle J. *Metabolic stress at cycling critical power vs. running critical speed.* *Sci Sports.* 2014;29(1):51-4.
6. Carter H, Jones AM, Barstow TJ, Burnley M, Williams CA, Doust JH. *Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison.* *J Appl Physiol.* 2000;89(3):899-907.
7. Clarys J, Cabri J, Gregor R. *The muscle activity paradox during circular rhythmic leg movements.* *J Sports Sci.* 1988;6(3):229-37.
8. Faina M, Billat, V., Squadrone, R., De Angelis, M., Dal Monte, A. *Anaerobic contribution to the time to exhaustion at the minimal exercise intensity at which maximal oxygen uptake occurs in elite cyclists, kayakists and swimmers.* *Eur J Appl Physiol.* 1997;76:13-20.
9. Gleser M, Horstman D, Mello R. *The effect on VO₂ max of adding arm work to maximal leg work.* *Medicine & Science in Sports.* 1974;6(2):104-7.
10. Hill DW, Halcomb JN, Stevens EC. *Oxygen uptake kinetics during severe intensity running and cycling.* *Eur J Appl Physiol.* 2003;89(6):612-8.
11. Howley ET, Bassett DR, Welch HG. *Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary.* *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(9):1292-301.
12. Jones AM, Burnley M. *Effect of exercise modality on VO₂ kinetics.* In: AM Jones, DC Poole editors. *Oxygen uptake kinetics in sport, exercise and medicine:* Routledge; 2005, pp. 95-114.
13. Jones AM, McConnell AM. *Effect of exercise modality on oxygen uptake kinetics during heavy exercise.* *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1999;80(3):213-9.
14. Koga S, Shiojiri T, Shibasaki M, Kondo N, Fukuba Y, Barstow TJ. *Kinetics of oxygen uptake during supine and upright heavy exercise.* *J Appl Physiol.* 1999;87(1):253-60.
15. Libicz S, Roels B, Millet G. *VO₂ responses to intermittent swimming sets at velocity associated with VO₂max.* *Can J Appl Physiol.* 2005;30 (5):543-53.
16. McNarry MA, Weisman JR, Jones AM. *Influence of Training Status and Maturity on Pulmonary O₂ Uptake Recovery Kinetics Following Cycle and Upper Body Exercise in Girls.* *Pediatr Exerc Sci.* 2012; 24 (2):246.
17. Millet GP, Vleck VE, Bentley DJ. *Physiological differences between cycling and running: lessons from triathletes.* *Sports Med.* 2009; 39 (3):179-206.
18. Rossiter HB, Ward SA, Howe FA, Kowalchuk JM, Griffiths JR, Whipp BJ. *Dynamics of intramuscular 31P-MRS Pi peak splitting and the slow components of PCr and O₂ uptake during exercise.* *J Appl Physiol.* 2002;93 (6):2059-69.
19. Secher NH. *Physiological and biomechanical aspects of rowing.* *Sports Med.* 1993;15(1):24-42.