

Velocidade crítica e índices de capacidade aeróbia na natação: uma revisão da literatura

Critical Swimming Speed and aerobic capacity index in swimming: A literature review

RAIMUNDO JAG, TURNES T, LISBÔA FD, CRUZ RSO, PEREIRA GS, CAPUTO F. Velocidade crítica e índices de capacidade aeróbia na natação: uma revisão da literatura. **R. bras. Ci. e Mov** 2017;25(4):153-165.

RESUMO: A relação entre desempenhos em diferentes distâncias com seus respectivos tempos fornece um válido, barato e prático índice de avaliação da capacidade aeróbia para natação. Este índice, conhecido como Velocidade Crítica, tem recebido muita atenção por pesquisadores, pois possibilita a substituição de outros indicadores de capacidade aeróbia que geralmente são caros ou demandam demasiado tempo do período de treinamento. No entanto, ainda não foi realizada uma compilação de estudos tratando da Velocidade Crítica com outros índices de capacidade aeróbia na natação. Assim, o objetivo desta revisão foi comparar a relação da Velocidade Crítica com outros índices de capacidade aeróbia comumente utilizados na natação como: Teste de 30 Minutos, Máximo Estado Estável de Lactato, Limiar Anaeróbio e Velocidade Aeróbia Máxima. Foi realizada uma busca bibliográfica nas bases de dados *PubMed* e *SciELO*, utilizando-se as seguintes palavras-chave: “*Critical swimming speed*”, “*critical swimming velocity*” e “*velocidade crítica and natação*”. Ao fim do processo de seleção foram incluídos 21 artigos para esta revisão. Foi observado que a relação da Velocidade Crítica com o Limiar Anaeróbio e o Teste de 30 Minutos é dependente da idade dos nadadores, requerendo cautela quando comparados. Também foi observado que a Velocidade Crítica superestima a intensidade do Máximo Estado Estável de Lactato e do Limiar Anaeróbio em nadadores adultos, indicando delimitar os domínios do exercício pesado e severo na natação. Contudo, a Velocidade Crítica pode ser influenciada pelas distâncias preditivas utilizadas para sua determinação, e assim, devem ser cuidadosamente selecionadas. Por fim, a Velocidade Crítica apresenta boa correlação com os principais índices aeróbios representando ser um bom parâmetro para avaliação da capacidade aeróbia em nadadores.

Palavras-chave: Educação Física e treinamento; Consumo de oxigênio; Lactato; Nadadores; Desempenho atlético.

ABSTRACT: The relationship between distance covered and the time needed to cover it at maximal speed provide a valid, cheap and practice index to evaluate aerobic capacity in swimming. This index, known as Critical Swimming Speed, has received much attention for researchers, because it could replace other aerobic capacity indexes that usually are more expensive and demand more time of training. However, there is no compilation of studies involving Critical Swimming Speed and other aerobic capacity index on the literature. Hence, the purpose of this literature review was comparing the relationship between Critical Swimming Speed with others aerobic capacity indexes generally used in swimming as: 30-min Test, Maximal Lactate Steady State, Anaerobic Threshold and Maximal Aerobic Speed. The articles were surveyed on the scientific bases *PubMed* and *SciELO* using the following keywords: “*Critical swimming speed*”, “*critical swimming velocity*” and “*velocidade crítica and natação*” (on Portuguese). At the end of the search process, 21 articles were included in the revision. It was observed that the relationship between Critical Swimming Speed with Anaerobic Threshold and 30-min Test is affected by the age of the swimmers, demanding caution when comparing these indexes. It was also observed that the Critical Swimming Speed overestimates the Maximal Lactate Steady State and Anaerobic Threshold in adult swimmers, which indicates a boundary between the heavy and severe intensity domains during swimming exercises. However, the predictive distances used for the Critical Swimming Speed determination may influence on its final value and, thus, they should be carefully selected. Lastly, Critical Swimming Speed shows a good correlation with major aerobic indexes and represents a good aerobic capacity parameter to evaluate swimmers.

Key Words: Physical Education and training; Oxygen consumption; Lactate; Swimmers; Athletic performance.

João A. G. Raimundo¹
Tiago Turnes^{1,2}
Felipe Domingos Lisbôa¹
Rogério S. de O. Cruz¹
Gustavo Soares Pereira¹
Fabrizio Caputo¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina

²Universidade Federal de Santa Catarina

Introdução

A Velocidade Crítica (VC) é um importante índice de capacidade aeróbia e altamente relacionada com o desempenho aeróbio¹. É bem conhecido na literatura que a VC delimita os domínios da intensidade do exercício pesado (intensidades abaixo da VC) e severo (intensidades acima da VC)^{2,3}. Isto porque durante exercício abaixo da VC não há uma progressiva depleção de fosfocreatina e acúmulo de metabólitos como fosfato inorgânico e H^+ até um ponto crítico⁴ e o consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) não é alcançado⁵. No entanto, acima da VC não ocorre estabilidade nesses parâmetros durante o exercício^{4,6}, levando o VO_2 ao seu valor máximo^{5,7,8}. Assim, tendo em vista a importância da VC para a caracterização dos domínios da intensidade e as respostas fisiológicas^{4,9} e biomecânicas¹⁰ esperadas, bem como ferramenta prática para prescrição e monitoramento de cargas de treinos^{11,12}, não é surpreendente que este tema desperte especial atenção em pesquisadores e treinadores do esporte.

O conceito de VC, inicialmente proposto em movimentos uniarticulares¹³, foi estendido a diferentes modalidades de exercícios como corrida, remo⁷ e a natação, foco do presente estudo^{14,15}. No entanto, por envolver uma determinação matemática, seu uso ainda não é muito difundido no âmbito esportivo. Basicamente, para determinar a VC na natação, Wakayoshi *et al.*¹⁴ criaram um modelo em *swimming flume* (tanque que permite ao atleta nadar em velocidades estipuladas) em que os atletas nadaram até a exaustão em seis diferentes velocidades constantes. A distância total percorrida até a exaustão (Dlim) foi ajustada por meio de regressão linear junto com o tempo até a exaustão (TTE) para definir a VC dos nadadores. A VC foi considerada como o coeficiente angular (i.e. inclinação da reta) da regressão linear entre Dlim e TTE. No entanto, devido ao equipamento utilizado, esta forma de encontrar a VC não possuía praticidade e validade ecológica. Para amenizar este viés, Wakayoshi *et al.*¹⁵ determinaram a VC com a relação entre duas ou mais *performances* (i.e. testes de distância fixa no menor tempo possível, 50m, 100m, 200m, 400m, etc.) os quais os nadadores são habituados. A partir de então a VC é determinada pelo coeficiente angular da regressão linear entre as distâncias nadadas na máxima intensidade com seus respectivos tempos de exercício¹⁶⁻¹⁸ (Figura 1).

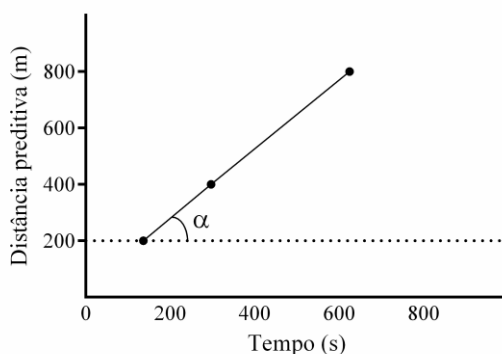


Figura 1. Exemplo da determinação da Velocidade Crítica através de uma regressão linear.

A Velocidade Crítica é o coeficiente angular (α) da regressão linear entre distâncias preditivas (200m, 400m e 800m, neste exemplo) e seus respectivos tempos de desempenho.

Posteriormente, inúmeros trabalhos surgiram na tentativa de melhorar e expandir o conhecimento sobre VC na natação¹⁹⁻²¹. Enquanto alguns experimentos afirmam que a VC é um índice correspondente ao Liminar Anaeróbio (LAn)^{14,22}, outros garantem que ela representa uma intensidade mais elevada^{15,23-25}. Apesar de em outras modalidades esportivas a VC representar a fronteira entre os domínios pesado e severo das intensidades do exercício^{2,3,26,27}, ainda não há confirmação deste fato para natação¹⁹. Sendo assim, treinadores e pesquisadores vêm tentando utilizar a VC como um índice fisiológico substituto a outros parâmetros de capacidade aeróbia, principalmente por ser de fácil obtenção, barato e com menores problemas relacionados a falta de experiência e motivação para os atletas nadarem longas distâncias, como no Teste de 30 minutos e de Máximo Estado Estável de Lactato (MEEL)^{1,17,28-30}. Além disso, assim como em outras modalidades, os tempos de exercício das cargas preditivas interferem a determinação da VC^{31,32}. Dessa

forma, diferentes distâncias preditivas, que costumam variar de 50m a 400m (mas que podem variar de 25m até 1500m), também tem interferido na determinação de VC na natação, dificultando sua comparação com outros índices^{31,33}.

Desta forma, na busca por intensidades de exercício que provoquem estímulos metabólicos conhecidos, a determinação de índices fisiológicos é de grande importância para a prescrição de treinamento e desenvolvimento de delineamentos experimentais³⁴. No entanto, devido à importância da VC dentro do espectro das intensidades, a sua confrontação com outros índices fisiológicos, vindos da literatura, pode fornecer informações valiosas para os treinadores que buscam a ferramenta ideal para avaliação e prescrição do treinamento aeróbio. Assim, o aprofundamento da relação entre velocidade crítica e outros índices de capacidade aeróbia na natação é pela primeira vez discutida neste trabalho. Portanto, o objetivo do presente estudo foi realizar uma revisão de literatura acerca da comparação da VC na natação em relação a outros testes comumente utilizados na avaliação e prescrição das intensidades de treinamento para nadadores, como: teste de 30 minutos, máximo estado estável de lactato, limiar anaeróbio e velocidade aeróbia máxima.

Desenvolvimento

Para a elaboração deste trabalho, foi realizada uma busca bibliográfica nas bases de dados *PubMed* e *SciELO*, utilizando-se as seguintes palavras-chave: “*Critical swimming speed*”, “*critical swimming velocity*” e “*velocidade crítica and natação*”. Além de artigos encontrados com estes termos, foram pesquisados a partir destas referências artigos que poderiam contribuir com o tema da presente revisão. Apenas foram examinados estudos cuja escrita estivesse nas línguas portuguesa ou inglesa. Os artigos foram elegíveis para análise caso tratassem de delineamentos experimentais com nadadores e com comparação, ou possibilidade de comparação, da VC com pelo menos um dos outros índices de capacidade aeróbia citados anteriormente. Além disso, foram excluídos artigos que apenas investigaram os efeitos de treinamento na intensidade da VC. A busca inicial foi realizada referente até o período de setembro de 2015 e encontrou um total de 177 trabalhos. Após a leitura dos títulos foram excluídos 125 estudos porque estes tratavam sobre VC em peixes, em outras modalidades esportivas ou eram revisões de literatura. Assim, dos 52 trabalhos que restaram, 31 foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão mencionados acima, ou seja, o conteúdo das investigações abordavam treinamentos e não possibilitaram a comparação da VC com outro índice de capacidade aeróbia. Ao fim do processo de seleção foram incluídos 21 artigos para esta revisão.

Teste de 30 Minutos

O Teste de 30 Minutos (T30) consiste em nadar a maior distância possível por 30 minutos contínuos e a partir da distância total percorrida é calculada uma velocidade média, ou seja, a velocidade média do Teste de 30 minutos ($vT30$)³⁵. Este teste é utilizado para avaliação da capacidade aeróbia dos nadadores e prescrição das intensidades de treinamento^{18,32}. No entanto, o T30 apresenta limitações, dentre elas se destaca a sua aplicação em nadadores com idade inferior a 16 anos, que podem apresentar falta de experiência e/ou motivação para conseguir realizar o melhor esforço durante os 30 minutos de teste^{17,36,37}. Desta maneira, a VC vem sendo comparada a $vT30$ na tentativa de atenuar estes efeitos, já que há necessidade apenas de nadar distâncias mais curtas frequentemente realizadas por atletas durante as sessões de treinamento^{17,18}. Os 8 estudos que comparam a VC com o Teste de 30 minutos são apresentados na quadro 1.

Como aspecto principal, é possível perceber que ao comparar a VC com $vT30$ em nadadores com idade até 15 anos, os dois índices não apresentam diferenças, entretanto, em nadadores com idade superior a 15 anos, a VC se torna maior do que a $vT30$ ^{17,18,38}. Isto pode ocorrer devido ao desenvolvimento maturacional dos nadadores e a maior

capacidade de gerar força pelo sistema anaeróbio, o qual é menos desenvolvido em adolescentes (i.e. até 15 anos)³⁹. Desta forma, com o desenvolvimento da aptidão anaeróbia⁴⁰, nadadores jovens (i.e. 15 anos ou mais), e/ou com maior maturação biológica, tendem a nadar as distâncias mais curtas relativamente mais rápidos do que os nadadores mais jovens, alterando a relação distância-tempo e, consequentemente, a VC²¹. Além disso, a experiência para realizar provas e treinamentos adquirida por estes nadadores com o passar dos anos, melhorando sua aptidão para realizar o T30, parecem determinar que próximo aos 15 anos de idade a VC seja mais elevada do que a vT30¹⁸.

Um aspecto fundamental é que a utilização de diferentes distâncias preditivas nas relações de distância-tempo para determinar a regressão linear podem alterar o valor da VC³². Por conseguinte, a relação entre VC e vT30 também é alterada quando essas diferentes relações de distância-tempo são utilizadas^{18,33}. Pode-se observar que a inclusão de distâncias preditivas curtas (e.g. 25m, 50m e 100m) acarreta em uma VC maior do que a vT30 mesmo em nadadores muito jovens (i.e. 12 anos)^{32,33}. Isto ocorre porque quanto maior a intensidade de exercício, ou seja, menor a distância de nado, maior será a inclinação da regressão linear e, consequentemente, a VC⁴¹. Assim, ao incluir distâncias preditivas curtas a VC tenderá a produzir valores mais elevados mesmo em jovens atletas e poderá apresentar uma velocidade superior a vT30.

Portanto, os estudos têm mostrado que a VC é igual, ou até, aproximadamente, 3% mais elevada do que a vT30 para jovens nadadores³⁰. No entanto, em nadadores com melhor nível de treinamento e mais experientes (i.e. ≥ 18 anos) esta diferença é ainda mais elevada, correspondendo a uma VC de 3 a 8% maior comparada a vT30¹⁸. Apesar da possibilidade da VC diferenciar-se da velocidade média do T30, as boas correlações encontradas (quadro 1) entre VC e vT30 mostram que os dois protocolos representam a capacidade aeróbia de nadadores^{18,29,35}. Além disso, ambos protocolos apresentam boa relação com a V4 ($r = 0,72$ a $0,98$ para VC e $r = 0,69$ a $0,93$ para vT30)^{32,38}, o mesmo visto entre VC e MEEL ($r = 0,87$) que tem sido apontado como padrão ouro para avaliação aeróbia de atletas¹. Embora também seria esperado uma relação positiva a vT30 e MEEL, até o presente momento não há estudos correlacionando estes índices. No entanto, ainda são necessários estudos que determinem o efeito do treinamento a longo prazo na relação entre VC e vT30 observando qual deles tem maior sensibilidade para detectar uma melhora na capacidade aeróbia dos nadadores. É importante salientar que a VC e a vT30 não devem ser usadas de modo intercambiável, já que jovens nadadores (i.e. até 15 anos) não apresentam experiência para realizar o T30, e nadadores com idade superior (i.e. mais de 15 anos) apresentam VC mais elevada do que a vT30^{18,30}.

Máximo Estado Estável de Lactato

O MEEL é a mais alta intensidade de exercício em que as concentrações de lactato sanguíneo ([Lac]) apresentam um equilíbrio entre a sua produção e remoção^{42,43}. O MEEL é considerado o padrão ouro porque mensura diretamente o comportamento do lactato. Diferentemente, outros métodos utilizados para estimar o LAn, como limiar ventilatório, limiar anaeróbio individual, lactato mínimo, etc, utilizam-se de medidas indiretas para determinação do MEEL. Tem sido observado que atletas de alto rendimento costumam despende parte do seu tempo de treinamento na intensidade do MEEL ou abaixo dele⁴⁴. Para determinar o MEEL, tanto na natação quanto em outras modalidades esportivas, são necessárias ao menos duas avaliações de 30 minutos em exercícios de intensidades constantes¹. Caso a [Lac] durante a primeira avaliação se mantenha estável (diferença não maior que $1,0 \text{ mmol.L}^{-1}$) entre o décimo e trigésimo minuto, uma intensidade levemente superior (e.g. 3 a 10%) é empregada na segunda avaliação, em distintos dias⁴². O MEEL será encontrado quando não for mais possível observar estabilidade na [Lac] e, assim, a avaliação anterior (i.e. mais alta intensidade de exercício em que a [Lac] apresenta-se estável) será considerada como o MEEL. Desta forma, este índice é importante tanto para avaliação da capacidade aeróbia quanto para prescrição das intensidades de treinamento em inúmeros esportes, incluindo a natação¹. No entanto, como fator negativo, a determinação do MEEL exige um mínimo de dois dias distintos com exercício de duração mínima de 30 minutos e

Quadro 1. Estudos que apresentam comparações entre Velocidade Crítica e Velocidade Média do Teste de 30 Minutos.

Estudos	Participantes	Relações distância-tempo	Resultados	Conclusões
Greco <i>et al.</i> (2002) ³⁸	Dois Grupos: - 10 a 12 anos ^a - 13 a 15 anos ^b	- 50m, 100m e 200m	- vT30 1% > VC ^a - VC 1% > vT30 ^b - VC e vT30 bem correlacionados (r = 0,84 ^a e 0,91 ^b)	A relação VC e vT30 é independente da idade.
Dekerle <i>et al.</i> (2002) ¹⁸	- Nadadores bem treinados	- 100m e 200m ¹ - 50m e 400m ² - 100m e 400m ³ - 200m e 400m ⁴	- VC¹ 8% > vT30 - VC² 6% > vT30 - VC³ 5% > vT30 - VC ⁴ 3% > vT30 - Todas VC e vT30 bem correlacionadas (r = 0,81)	VC superestimou a vT30, exceto para VC com as distâncias preditivas de 200m e 400m que não houve diferença significativa. Os autores sugerem corrigir as diferenças pelo percentual observado.
Greco <i>et al.</i> (2003) ³³	Dois Grupos: - 10 a 12 anos ^(a) - 13 a 15 anos ^(b)	- 25m, 50m e 100m ¹ - 100m, 200m e 400m ² - 50m, 100m e 200m ³	- VC^(a-1) 9% > vT30 - VC^(a-2) 2% > vT30 - vT30 1% > VC ^(a-3) - VC^(b-1) 14% > vT30 - VC ^(b-2) 1% > vT30 - VC ^(b-3) 3% > vT30 - & Todas VC e vT30 bem correlacionadas ^{a,b}	A relação VC e vT30 é independente da idade, porém distâncias preditivas mais curtas aumentam a VC e esta se torna maior do que a vT30.
Greco e Denadai (2005) ³⁰	- Oito grupos divididos por gênero, idade (10 a 12 e 13 a 15 anos) e maturação biológica	-100m, 200m e 400m	Em todos os grupos: - VC igual a 4% > vT30 - VC e vT30 bem correlacionados (r = 0,87 a 0,98)	VC mostra boa validade para estimar a vT30.
Greco <i>et al.</i> (2006) ³⁷	Dois Grupos: -14 a 16 anos (maior aptidão aeróbia) ^a - 14 a 16 anos (menor aptidão aeróbia) ^b	- 200m e 400m	- VC 6% > vT30^a - VC 9% > vT30^b - VC e vT30 bem correlacionados (r= 0,68 ^a e 0,84 ^b)	A relação entre VC e vT30 não foi alterada pela diferença de aptidão aeróbia.
Pelarigo <i>et al.</i> (2007) ³⁶	Dois Grupos: - 15 anos (maior aptidão aeróbia) ^a - 15 anos (menor aptidão aeróbia) ^b	- 200m e 400m	- VC 6% > vT30^c - VC 9% > vT30^b - VC e vT30 bem correlacionados (r= 0,68 ^a e 0,84 ^b)	A relação entre VC e vT30 não foi alterada pela diferença de aptidão aeróbia.
Greco <i>et al.</i> (2007) ¹⁷	Três Grupos (todos com 15 anos): - Masculino (maior aptidão aeróbia) ^a - Masculino (menor aptidão aeróbia) ^b - Feminino ^c	-200m e 400m	- VC 7% > vT30^a - VC 9% > vT30^b - VC 4% > vT30^c - VC e vT30 bem correlacionados (r = 0,89 a 0,90) ^{a,b,c}	A relação entre VC e vT30 não foi alterada pela diferença de aptidão aeróbia e gênero.
Costa <i>et al.</i> (2009) ³²	- 15 anos	Melhor tempo do atleta: - 50m, 100m e 200m ¹ - 100m, 200m e 400m ² - 50m, 100m, 200m, 400m, 800m e 1500m ³	- VC¹ > vT30^s - VC² > vT30^s - VC³ = vT30^s	A inclusão de distâncias preditivas longas aproxima a VC da vT30.

VC: Velocidade Crítica; vT30: Velocidade do Teste de 30 Minutos; "=": Igual; ">": Maior; Os valores em negrito significam que a diferença foi estatisticamente significativa. Números iguais em "Relações distância-tempo" e "Resultados" significa que os resultados foram específicos para as distâncias preditivas com o mesmo número; Letras iguais em "Participantes" e "Resultados" significa que os resultados foram específicos para o grupo com a mesma letra. ^a Os autores não apresentaram os valores das correlações. ^s Os autores não apresentaram os valores brutos das velocidades.

requer equipamentos de custo elevado para análise da [Lac], em que, exceto nos grandes centros de treinamentos, poucos treinadores possuem acesso^{43,45}. Foram encontrados apenas 2 trabalhos que comparam a VC com o MEEL na natação^{1,46}.

Considerando estes aspectos, Wakayoshi *et al.*⁴⁶ investigaram se a VC poderia ser utilizada para estimar a MEEL em nadadores colegiais treinados, visto que encontrariam um método mais simples e barato para identificar este índice. Os autores verificam que a VC e a MEEL representaram a mesma intensidade⁴⁶, entretanto o protocolo que foi utilizado neste trabalho traz algumas limitações. O desenho experimental consistiu de 4 x 400m (i.e. aproximadamente 4 min e 38 seg de exercício considerando a média do grupo), nado *crawl*, com 30-45 segundos de intervalo para coleta de sangue para determinar a [Lac], diferente do método tradicional que prevê coletas de sangue apenas no décimo e trigésimo minutos⁴³. No entanto, já foi visto que, ao incluir pausas para coleta de sangue, a MEEL perde sua característica de exercício constante devido ao possível aumento da oxidação de lactato durante as pausas⁴⁷. Devido a esta maior oxidação de lactato, a MEEL pode apresentar um valor superior de equilíbrio da produção e remoção do lactato e como consequência apresentaria uma intensidade superior de exercício.

Com o objetivo de diminuir os efeitos das pausas do exercício para coleta de sangue, Dekerle *et al.*¹ determinaram a MEEL com testes de velocidades constantes de 30 minutos e com pausas apenas no décimo e vigésimo minutos para coletas de sangue a fim de determinar a [Lac]. Os autores observaram que a VC obteve uma velocidade maior do que a MEEL, comprovando que na natação, assim como em outras modalidades esportivas^{1,48}, estes dois parâmetros representam intensidades diferentes com cada um deles tendo características fisiológicas e metabólicas próprias, apesar de apresentarem boa correlação^{1,19,48}. Em virtude dos fatos mencionados, a VC deve ser tratada como uma intensidade mais elevada do que a MEEL, porém pode estar próxima da Máximo Estado Estável de Lactato Intermitente (relação esforço:pausa de 5:1)⁴⁸, entretanto há a necessidade de estudos que corroborem com esta hipótese para natação.

Limiar Anaeróbio

A avaliação da capacidade aeróbia é muito comum entre treinadores e pesquisadores na busca de aprimorar o rendimento de nadadores⁴⁹. Um dos índices fisiológicos mais utilizados para avaliação da capacidade aeróbia é o Limiar Anaeróbio (LAn), o qual é uma estimativa do MEEL. Existem diversos métodos para encontrar o LAn (para maior aprofundamento, ler o trabalho de Arratibel-Imaz, *et al.*⁵⁰) e, apesar de determinar indiretamente a mais alta intensidade de exercício em que a [Lac] apresenta um equilíbrio, estes métodos de LAn consomem menos tempo do atleta pois, geralmente, necessitam apenas uma avaliação, ao contrário do MEEL que precisa de ao menos dois dias de avaliações⁴². Na natação, o LAn é mais frequentemente determinado por meio de interpolação linear entre uma [Lac] fixa em 4 mmol.L⁻¹ e a velocidade associada a esta concentração de lactato (V4)^{22,38}, mas ainda não há uma padronização nos exercícios (i.e. volume e intensidade) que são realizados para produzir esta interpolação linear^{15,25,32,38}. Na tentativa de buscar alternativas menos invasivas e de menor custo financeiro, inúmeros estudos têm buscado relacionar a V4 com a VC^{15,25}. Entretanto, os diferentes protocolos de determinação da V4, bem como a variedade de distâncias preditivas utilizadas para determinação da VC, dificultam a comparação dos resultados²⁹. A quadro 2 apresenta os 13 artigos que compararam a VC com o LAn.

Têm sido observado que nadadores pré-pubescentes (i.e. 10 a 12 anos) apresentam valores de V4 superiores em comparação a VC^{38,51}. Durante exercícios submáximos e máximos crianças apresentam menores [Lac] do que adultos^{23,51}. Isto ocorre principalmente devido a menor quantidade de enzimas glicolíticas comparadas aos adultos³⁹. Desta maneira, para conseguir se exercitar em uma intensidade correspondente a [Lac] de 4 mmol.L⁻¹, as crianças terão que nadar em uma intensidade relativamente mais alta, o que resulta em um valor de V4 superior a VC⁵². Considerando

estes aspectos, Greco *et al.*³³ observaram que em dois grupos de jovens nadadores (10 a 12 anos e 13 a 15 anos) a [Lac] final do teste T30 foi 1,8 e 2,6 mmol.L⁻¹, respectivamente. Além disso, a V4 foi mais elevada do que a vT30 para ambos os grupos³³, apesar da V4 representar teoricamente uma intensidade que poderia ser sustentada por mais de 30 minutos em adultos²². Já em nadadores treinados (18 anos) a [Lac] ao fim do T30 foi 3,7 mmol.L⁻¹, ou seja, mais próxima da [Lac] da intensidade relacionada a V4, porém este estudo não determinou os valores da V4¹⁸. Estas informações corroboram com a dificuldade de utilizar a V4 para crianças, visto que em uma mesma intensidade relativa elas apresentam menores [Lac] do que adultos, e desta forma, dificulta a utilização da [Lac] para prescrever intensidades de treinamento (e.g. V4).

Quadro 2. Estudos que apresentam comparações entre Velocidade Crítica e velocidade associada ao Limiar Anaeróbio na natação.

Estudos	Participantes	Relações distância-tempo	Resultados	Conclusões
Wakayoshi <i>et al.</i> (1992) ¹⁴	- Nadadores universitários treinados	- TTE em <i>Swimming flume</i> (1,2-1,7 m.s ⁻¹)	- VC = V4 - VC e V4 bem correlacionadas (r = 0,95)	VC é um índice de capacidade aeróbia.
Wakayoshi <i>et al.</i> (1992) ¹⁵	- Nadadores treinados	- 50m, 100m, 200m e 400m	- VC 3% > V4 - VC e V4 bem correlacionadas (r = 0,86)	VC é um índice diferente da V4, porém também representa capacidade aeróbia.
Wakayoshi <i>et al.</i> (1993) ⁴⁶	- Nadadores universitários treinados	- 200m e 400m	- VC 2% > V4 - VC e V4 bem correlacionadas (r = 0,91)	VC é um índice diferente da V4, porém também representa capacidade aeróbia.
Denadai <i>et al.</i> (2000) ²³	Dois grupos (10 a 12 anos): - Menos treinados ^a - Mais treinados ^b	- 50m, 100m e 200m	- V4 5% > VC ^a - V4 9% > VC ^b - VC e V4 correlacionadas (r = 0,96) ^a	Crianças têm menor atividade enzimática glicolítica, necessitando exercitar em intensidade mais alta para atingir [Lac] de 4 mmol.L ⁻¹ .
Greco <i>et al.</i> (2002) ³⁸	Dois grupos: - 10 a 12 anos ^a - 13 a 15 anos ^b	- 50m, 100m e 200m	- V4 8% > VC ^a - VC 2% > V4 ^b - VC e V4 bem correlacionadas (r = 0,98 ^(a) e 0,85 ^(b))	Relação entre VC e V4 é alterada pela idade.
Greco <i>et al.</i> (2003) ³³	Dois Grupos: - 10 a 12 anos ^a - 13 a 15 anos ^b	- 25m, 50m e 100m ¹ - 100m, 200m e 400m ² - 50m, 100m e 200m ³	- VC ^(a-1) 1% > V4 - V4 5% > VC ^(a-2) - V4 5% > VC ^(a-3) - VC ^(b-1) 9% > V4 - V4 4% > VC ^(b-2) - V4 2% > VC ^(b-3) - Correlação entre VC ^{1,2,3} e V4 ^{a,b} (r = 0,93 a 0,95 ^a e 0,69 a 0,93 ^b)	Relação entre VC e V4 é alterada pela idade e pelas distâncias preditivas para este grupo.
Papoti <i>et al.</i> (2005) ⁵³	- Nadadores de nível nacional	- 200m e 400m	- VC = V3,5 - VC e V3,5 bem correlacionadas (r = 0,93)	VC é um bom parâmetro para avaliação da capacidade aeróbia.

Toubekis <i>et al.</i> (2006) ²⁴	- 12 anos	- 50m, 100m, 200m e 400m ¹ - 100m, 200m e 400m ² - 100m e 400m ³ - 200m e 400m ⁴	- VC ¹ 2% > V4 - V4 3% > VC^{2,3,4} - Correlação entre VC ^{1,2,3,4} e V4 (r = 0,88 a 0,96)	VC é um bom índice para avaliar a capacidade aeróbia em jovens nadadores.
Reis e Alves (2006) ⁵²	- 12 anos	- 50m, 200m e 400m ¹ - 200m e 400m ²	- VC ¹ = V4 - V4 5% > VC² - VC e V4 bem correlacionadas (r = 0,93 a 0,94 ¹ e 0,88 a 0,91 ²)	A inclusão de uma distância preditiva curta altera a relação da VC com a V4.
Costa <i>et al.</i> (2009) ³²	- 15 anos	Melhor tempo do atleta: - 50m, 100m e 200m ¹ - 100m, 200m e 400m ² - 50m, 100m, 200m, 400m, 800m e 1500m ³	- VC¹ > V4⁵ - VC ² = V4 ⁵ - V4 > VC³⁵ - Correlação entre VC e V4 (r = 0,73 ¹ e 0,72 ³)	Relação entre VC e V4 é alterada pela pelas distâncias preditivas para este grupo.
Franken <i>et al.</i> (2010) ²⁵	- 22 a 25 anos	-100m, 200, 300m e 400m ¹ - 100m, 300m e 400m ² - 200m, 300m e 400m ³ - 100m, 200m e 400m ⁴ - 200m e 400m ⁵ - 100m e 400m ⁶ - 100m e 200m ⁷ - 100m e 300m ⁸	- VC ^{1,2,4} 11% > V4 - VC ^{3,5,8} 10% > V4 - VC ⁶ 12% > V4 - VC ⁷ 16% > V4	Os autores não encontraram diferença estatística entre todas as VC e a V4. Porém, os valores brutos foram muito distintos.
Hoefelmann <i>et al.</i> (2011) ²²	- 18 anos	- 200m e 400m ¹ - 200m e 700m ² - 400m e 700m ³ - 200, 400m e 700m ⁴	- VC ¹ 3% > V4 - VC ^{2,3,4} 2% > V4 - Correlação entre VC ^{1,2,3,4} e V4 (r = 0,87 a 0,90)	VC pode ser utilizada para estimar V4 e avaliar a capacidade aeróbia de nadadores.
Mezzaroba <i>et al.</i> (2014) ⁵¹	- 10 a 12,6 anos ^a - 12,7 a 15,3 anos ^b - 15,4 a 18 anos ^c	100m, 200m e 400m	- VLMín 4% > VC^a - VC 3% > VLMín ^b - VC 5% > VLMín^c - Correlação entre VC e VLMín (r = 0,95 ^a , 0,93 ^b e 0,97 ^c)	Relação entre VC e VLMín é alterada pelo processo de maturação.

VC: Velocidade Crítica; V4: Velocidade do Limiar Anaeróbio com concentração fixa de 4 mmol.L⁻¹ de lactato; V3,5: Velocidade do Limiar Anaeróbio com concentração fixa de 3,5 mmol.L⁻¹ de lactato; VLMín: Velocidade associada ao protocolo de Lactato Mínimo; TTE: Tempo para exaustão; "=": Igual; ">": Maior; Os valores em negrito significam que a diferença foi estatisticamente significativa; Números iguais em "Relações distância-tempo" e "Resultados" significa que os resultados foram específicos para as distâncias preditivas; Letras iguais em "Participantes" e "Resultados" significa que os resultados foram específicos para o grupo com a mesma letra; Quando a diferença entre os índices foi menor do que 1% o símbolo "=" foi utilizado. ⁵ Os autores não apresentaram os valores brutos das velocidades.

Já para estudos com adultos (i.e. 18 anos ou mais) treinados a VC representa uma velocidade maior do que a V4^{15,25,46}. Porém, com um grupo de nadadores adolescentes (i.e. 15 anos) a VC tem apresentado valores menores, similares, ou até maiores, do que a V4, dependendo das distâncias preditivas utilizadas para calcular a inclinação da regressão linear^{32,33}. Costa *et al.*³² observaram que quando a VC foi derivada por distâncias preditivas curtas (i.e. 50m, 100m e 200m) ela se mostrou ser uma velocidade maior do que a V4. Por outro lado, quando distâncias preditivas longas (i.e. 50m até 1500m) foram empregadas para gerar o coeficiente angular da regressão linear a VC foi uma velocidade menor do que a V4³². Por último, quando a VC foi derivada por distâncias preditivas intermediárias (i.e. 100m, 200m e 400m) ela foi similar a V4³². Estas informações são importantes, pois reiteram a necessidade de distâncias preditivas apropriadas para determinar a VC⁷. No caso do estudo citado acima, a VC originada via 100m, 200m e 400m é mais confiável entre as três combinações, pois não utiliza intensidades de exercício demasiadamente altas e/ou baixas⁷. Assim, pode-se concluir que em nadadores adolescentes a VC apresenta velocidades próximas a V4, no entanto, mais investigações são necessárias principalmente considerando o estágio maturacional biológico para este grupo de atletas.

Quando o LAn foi determinado por um método alternativo, i.e. Lactato Mínimo (LMín)⁵⁴, diferentes relações com a VC em três grupos de idades distintas foram encontradas⁵¹. Foi observado que no grupo mais jovem (10 a 12,6

anos) a velocidade associada ao LMín (VLMín) obteve valores superiores a VC, no grupo intermediário (12,7 a 15,3 anos) os valores foram semelhantes, enquanto no grupo com maior idade (15,4 a 18 anos) a VC foi mais rápida em relação a VLMín⁵¹. Estes resultados sintetizam bem as informações encontradas nos outros estudos, nos quais a relação entre VC e LAn é alterada pelo processo de maturação do nadador, independentemente do método utilizado para estimar o LAn (i.e. LMín ou V4)^{38,51,52}.

Dado o exposto, a VC parece representar um índice de intensidade mais elevada do que o LAn para adultos, no entanto, ainda são necessários mais estudos averiguando esta relação para distintas faixas etárias de adolescentes (12 a 15 anos). Em crianças, a V4 mostra-se superior em relação à VC, entretanto, o problema está na menor [Lac] que este grupo apresenta, dificultando a determinação e a comparação do LAn quando originado por este método. Para treinadores e pesquisadores terem total conhecimento da aplicabilidade da VC como índice de capacidade aeróbia na natação, e a sua relação com o V4, são necessários estudos que apresentem em qual domínio de exercício estes distintos grupos de nadadores estão ao exercitar-se com a [Lac] fixa em 4 mmol.L⁻¹.

Quadro 3. Estudos que apresentam comparações entre Velocidade Crítica e Velocidade Aeróbia Máxima na natação.

Estudos	Participantes	Relações distância-tempo	Resultados	Conclusões
Wakayoshi <i>et al.</i> (1992) ¹⁴	- Nadadores universitários treinados	- TTE em <i>Swimming flume</i> (1,2-1,7 m.s ⁻¹)	VC está a 75% da VAM - VC e VAM bem correlacionadas (r = 0,86)	A VC é uma velocidade mais lenta do que a VAM em <i>Swimming flume</i> .
Wakayoshi <i>et al.</i> (1992) ¹⁵	- Nadadores treinados	- 50m, 100m, 200m e 400m	VC está a 92% da VAM - VC e VAM bem correlacionadas (r = 0,99)	Relação entre VC e VAM mantem-se mesmo com distâncias preditivas curtas.
Wakayoshi <i>et al.</i> (1993) ⁴⁶	- Nadadores universitários treinados	- 200m e 400m	VC está a 94% da VAM - VC e VAM bem correlacionadas (r = 0,97)	A VC pode ser predita através da VAM.
Papoti <i>et al.</i> (2005) ⁵³	- Nadadores de nível nacional	- 200m e 400m	- VC e VAM bem correlacionadas (r = 0,91)	A VC é um parâmetro confiável na avaliação da capacidade aeróbia e na predição do desempenho de 400m.
Dekerle <i>et al.</i> (2010) ¹⁹	- Nadadores treinados	- 100m, 200m, 400m e 800m	VC está a 92% da VAM	A fronteira entre os domínios pesado e severo pode ser encontrada através da VC e por percentuais da VAM.

VC: Velocidade Crítica; VAM: Velocidade Aeróbia Máxima; TTE: Tempo para exaustão.

Velocidade Aeróbia Máxima

A Velocidade Aeróbia Máxima (VAM) é a menor intensidade em exercícios incrementais na qual é possível alcançar o VO₂máx⁵⁵ e, assim, possui importante aplicação ao treinamento esportivo³⁴. Na natação a VAM é relacionada a velocidade média do desempenho de 400m no nado *crawl*⁵⁵, podendo também ser determinada como a velocidade média entre os 50 e 350m do desempenho de 400m nado *crawl*¹. No ciclismo e na corrida, a VC representa aproximadamente 80-90% da intensidade associada ao VO₂máx em atletas^{5,48}, sendo bem difundido na literatura que a VC encontra-se abaixo da VAM. No entanto, na natação a relação entre VC e a VAM tem sido menos verificada¹⁴. Tem sido observado que a VC representa uma intensidade relativa entre 75% e 96% da VAM^{14,15}, ou seja, com uma variação

muito grande. Porém, o único trabalho em que a VC foi identificada relativamente muito abaixo da VAM foi também o único em que o nado foi executado em *swimming flume*¹⁴. Apesar de, até o presente momento não haver uma explicação clara para este resultado, pode-se especular uma menor eficiência relativa em velocidades mais baixas comparadas ao nado em piscina. Com exceção ao estudo de Wakayoshi *et al.*¹⁴, a VC representa entre 92% e 96% da VAM em nadadores treinados^{19,46,53}. Além disso, têm sido verificadas altas correlações entre VC e VAM na natação^{14,46,53}. Estas informações sobre a intensidade relativa da VC em relação à VAM são importantes a treinadores e pesquisadores para prescrição da intensidade de treinamento³⁴ e para realização de avaliações longitudinais, uma vez que possibilita avaliação de mudanças nos metabolismos aeróbio e anaeróbio do nadador⁵⁶. Quanto mais estreita a distância entre VC e VAM, mais aprimorado é o metabolismo aeróbio do nadador⁵⁶. Por fim, assim como em outras modalidades terrestres, a VC encontra-se abaixo da VAM na natação. A quadro 3 retrata o posicionamento da VC em relação a VAM e foi realizada com base em 6 estudos^{14,15,19,46,53}.

Conclusões

A VC na natação apresenta uma estreita relação com o Teste de 30 Minutos, Máximo Estado Estável de Lactato e Limiar Anaeróbio. Entretanto, alguns cuidados precisam ser tomados ao utilizar a VC como parâmetro de capacidade aeróbia na natação: 1) Grupos de diferentes faixas etárias levam a diferentes respostas; 2) As distâncias preditivas, e seus respectivos tempos, alteram a resposta da VC e; 3) O uso da VC de maneira intercambiável com outros índices pode causar uma avaliação equivocada da capacidade aeróbia do atleta. Em suma, a VC parece representar uma intensidade maior do que a vT30 para adultos, sendo que o desenvolvimento maturacional de jovens nadadores dificulta esta relação neste grupo. Assim como a vT30, a comparação entre VC e LAn é afetada pela idade. Quando aplicada em jovens nadadores, o LAn representa uma intensidade superior à VC, ao contrário dos adultos. Já a MEEL parece ocorrer em uma intensidade inferior à VC. As comparações e relações entre VC, vT30, MEEL, LAn e VAM ocorreram de maneiras isoladas e em distintos grupos de nadadores. Assim, faz-se necessário um estudo experimental englobando estes índices de capacidade aeróbia, com suas respectivas definições teóricas claras, para melhor compreensão das interações entre eles em nadadores com diferentes faixas etárias. Ainda, futuras abordagens deverão padronizar as distâncias preditivas empregadas na determinação da VC. Por fim, além de sua praticidade e baixo custo financeiro, é importante ressaltar que a VC possui outras aplicações além da avaliação da capacidade aeróbia de nadadores que podem ajudar a aprimorar o desempenho de atletas. Assim, cabe a treinadores de natação a aproximação com essa ferramenta tanto para controle de carga na prescrição de treinos de capacidade aeróbia quanto para avaliação aeróbia.

Referências

1. Dekerle J, Pelayo P, Clipet B, Depretz S, Lefevre T, Sidney M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *Int J Sports Med.* 2005; 26(7): 524-30.
2. Hill DW, Poole DC, Smith JC. The relationship between power and the time to achieve VO2max. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(4): 709-14.
3. Poole DC, Ward SA, Gardner GW, Whipp BJ. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics.* 1988; 31(9): 1265-79.
4. Jones AM, Wilkerson DP, DiMenna F, Fulford J, Poole DC. Muscle metabolic responses to exercise above and below the "critical power" assessed using 31P-MRS. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2008; 294(2): R585-93.
5. De Lucas RD, Souza KM, Costa VP, Grossl T, Guglielmo LGA. Time to exhaustion at and above critical power in trained cyclists: The relationship between heavy and severe intensity domains. *Sci Sports.* 2013; 28(1): 9-14.
6. Vanhatalo A, Fulford J, DiMenna FJ, Jones AM. Influence of hyperoxia on muscle metabolic responses and the power-duration relationship during severe-intensity exercise in humans: a 31P magnetic resonance spectroscopy study. *Exp Physiol.* 2010; 95(4): 528-40.

7. Jones AM, Vanhatalo A, Burnley M, Morton RH, Poole DC. Critical power: implications for determination of VO₂max and exercise tolerance. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42(10): 1876-90.
8. Caritá RAC, Caputo F, Greco CC, Denadai BS. Aptidão aeróbia e amplitude dos domínios de intensidade de exercício no ciclismo. *Rev Bras Med Esporte.* 2013; 19(4): 271-4.
9. Moritani T, Nagata A, Vries HA, Muro M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics.* 1981; 24(5): 339-50.
10. Dekerle J, Paterson J. Muscle Fatigue When Swimming Intermittently Above and Below Critical Speed. *International journal of sports physiology and performance.* 2016;11(5):602-7.
11. Turnes T, Aguiar RA, Cruz RS, Caputo F. Interval training in the boundaries of severe domain: effects on aerobic parameters. *Eur J Appl Physiol.* 2016; 116(1): 161-9.
12. Skiba PF, Chidnok W, Vanhatalo A, Jones AM. Modeling the expenditure and reconstitution of work capacity above critical power. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44(8): 1526-32.
13. Monod H, Scherrer J. The work capacity of a synergic muscle group. *Ergonomics.* 1965; 8(3): 329-38.
14. Wakayoshi K, *et al.* Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1992; 64(2): 153-7.
15. Wakayoshi K, Yoshida T, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y, Miyashita M. Validity of critical velocity as swimming fatigue threshold in the competitive swimmer. *Ann Physiol Anthropol.* 1992; 11(3): 301-7.
16. Franken M, Diefenthaler F, Carpes FP, de Souza Castro FA. Esforço percebido e cinemática em percentuais da velocidade crítica na natação. *Motriz.* 2011; 17(4): 708-18.
17. Greco CC, Pelarigo JG, Figueira TR, Denadai BS. Effects of gender on stroke rates, critical speed and velocity of a 30-min swim in young swimmers. *J Sports Sci Med.* 2007; 6(4): 441-7.
18. Dekerle J, Sidney M, Hespel JM, Pelayo P. Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *Int J Sports Med.* 2002; 23(2): 93-8.
19. Dekerle J, Brickley G, Alberty M, Pelayo P. Characterising the slope of the distance-time relationship in swimming. *J Sci Med Sport.* 2010; 13(3): 365-70.
20. di Prampero PE, Dekerle J, Capelli C, Zamparo P. The critical velocity in swimming. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 102(2): 165-71.
21. Franken M, Zacca R, Castro FAdS. Velocidade crítica em natação: fundamentos e aplicação. *Motriz.* 2011; 17(1): 209-22.
22. Hoefelmann LP, Hoefelmann CP, Vieira G, De Lucas RD, Guglielmo LGA. Comparação de diferentes métodos para identificação do limiar anaeróbio em nadadores. *Rev Educ Fis/UEM.* 2011; 22(2): 297-305.
23. Denadai BS, Greco CC, Teixeira M. Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10-12 years of different standards. *J Sports Sci.* 2000; 18(10): 779-84.
24. Toubekis AG, Tsami AP, Tokmakidis SP. Critical velocity and lactate threshold in young swimmers. *Int J Sports Med.* 2006; 27(2): 117-23.
25. Franken M, Schenfeld R, Castro FAdS. Comparação e correlação entre valores de velocidade de nado prescritos por diferentes métodos. *Rev Educ Fis/UEM.* 2010; 21(4): 687-93.
26. Turnes T, *et al.* The highest velocity and the shortest duration permitting attainment of VO₂max during running. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2015; 17(2): 226-37.
27. Lisboa FD, Salvador AF, Raimundo JA, Pereira KL, Aguiar RA, Caputo F. Decreasing Power Output Increases Aerobic Contribution During Low-Volume Severe-Intensity Intermittent Exercise. *J Strength Cond Res.* 2015; 29(9): 2434-40.
28. Dekerle J, Pelayo P, Sidney M, Brickley G. Challenges of using critical swimming velocity: from scientists to coaches. *Port J Sport Sci.* 2006; 6(Suppl 2): 296-9.
29. Toubekis AG, Tokmakidis SP. Metabolic responses at various intensities relative to critical swimming velocity. *J Strength Cond Res.* 2013; 27(6): 1731-41.
30. Greco CC, Denadai BS. Critical Speed and Endurance Capacity in Young Swimmers: Effects of Gender and Age. *Pediatr Exerc Sci.* 2005; 17(4): 353-63.

- 31.Machado MV, Junior OA, Batista AR, Triana RO, Marques AC, Altimari LR. A influência de diferentes distâncias na determinação da velocidade crítica em nadadores. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2009; 11(2): 190-4.
- 32.Costa AM, *et al.* Can the curriculum be used to estimate critical velocity in young competitive swimmers? *J Sports Sci Med.* 2009; 8(1): 17-23.
- 33.Greco CC, Denadai BS, Pellegrinotti IL, Freitas B. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10 a 15 anos: relações com a performance e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. *Rev Bras Med Esporte.* 2003; 9(1): 2-8.
- 34.Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med.* 2013; 43(5): 313-38.
- 35.Olbrecht J, Madsen O, Mader A, Liesen H, Hollmann W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *Int J Sports Med.* 1985; 6(2): 74-7.
- 36.Pelarigo JG, Figueira TR, Perandini LAB, Denadai BS, Greco CC. Índices técnicos correspondentes à velocidade crítica e à máxima velocidade de 30 minutos em nadadores com diferentes níveis de performance aeróbia. *Rev Bras Med Esporte.* 2007; 13(3): 148-52.
- 37.Greco CC, Pelarigo J, Perandini L, Figueira T, Denadai BS. Stroke rates corresponding to critical speed and the maximal speed of 30 min in swimmers of different training status. *Port J Sport Sci.* 2006; 6(Suppl 2): 134-7.
- 38.Greco CC, Bianco AD, Gomide E, Denadai BS. Validity of the critical speed to determine blood lactate response and aerobic performance in swimmers aged 10-15 years. *Sci Sports.* 2002; 17(6): 306-8.
- 39.Kaczor JJ, Ziolkowski W, Popinigis J, Tarnopolsky MA. Anaerobic and aerobic enzyme activities in human skeletal muscle from children and adults. *Pediatr Res.* 2005; 57(3): 331-5.
- 40.Dipla K, *et al.* Fatigue resistance during high-intensity intermittent exercise from childhood to adulthood in males and females. *Eur J Appl Physiol.* 2009; 106(5): 645-53.
- 41.Jenkins D, Krettek K, Bishop D. The duration of predicting trials influences time to fatigue at critical power. *J Sci Med Sport.* 1998; 1(4): 213-8.
- 42.Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 89(1): 95-9.
- 43.Beneke R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. *Eur J Appl Physiol.* 2003; 88(4-5): 361-9.
- 44.Billat V, Lepretre PM, Heugas AM, Laurence MH, Salim D, Koralsztein JP. Training and bioenergetic characteristics in elite male and female Kenyan runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35(2): 297-304.
- 45.Greco CC, Oliveira MFMD, Caputo F, Pelarigo JG, Denadai BS. Efeitos do desempenho aeróbio na máxima fase estável de lactato sanguíneo determinada em protocolo intermitente na natação. *Rev Bras Med Esporte.* 2010; 16(2): 130-3.
- 46.Wakayoshi K, *et al.* Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1993; 66(1): 90-5.
- 47.Gladden LB. Muscle as a consumer of lactate. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(4): 764-71.
- 48.de Lucas RD, Dittrich N, Junior RB, de Souza KM, Guglielmo LG. Is the critical running speed related to the intermittent maximal lactate steady state? *J Sports Sci Med.* 2012; 11(1): 89-94.
- 49.Toubekis AG, Tsami AP, Smilios IG, Douda HT, Tokmakidis SP. Training-induced changes on blood lactate profile and critical velocity in young swimmers. *J Strength Cond Res.* 2011; 25(6): 1563-70.
- 50.Arratibel-Imaz I, Calleja-Gonzalez J, Emparanza JJ, Terrados N, Mjaanes JM, Ostojic SM. Lack of concordance amongst measurements of individual anaerobic threshold and maximal lactate steady state on a cycle ergometer. *Phys Sportsmed.* 2016; 44(1): 34-45.
- 51.Mezzaroba PV, Papoti M, Machado FA. Comparison between lactate minimum and critical speed throughout childhood and adolescence in swimmers. *Pediatr Exerc Sci.* 2014; 26(3): 274-80.
- 52.Reis J, Alves F. Training induced changes in critical velocity and V4 in age group swimmers. *Port J Sport Sci.* 2006; 6(Suppl 2): 311-3.
- 53.Papoti M, Zagatto AM, Mendes OC, Gobatto CA. Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. *Rev Port Cien Desp.* 2005; 5(1): 7-14.
- 54.Mezzaroba PV, Machado FA. Indirect determination of lactate minimum speed from a single maximal performance in young swimmers. *J Sports Sci Med.* 2013; 12(4): 655-9.

55.Fernandes RJ, Vilas-Boas JP. Time to Exhaustion at the VO₂max Velocity in Swimming: A Review. J Hum Kinet. 2012; 32: 121-34.

56.Dalamitros AA, Fernandes RJ, Toubekis AG, Manou V, Loupos D, Kellis S. Is Speed Reserve Related to Critical Speed and Anaerobic Distance Capacity in Swimming? J Strength Cond Res. 2015; 29(7): 1830-6.