

Validade e confiabilidade de testes para a obtenção da frequência cardíaca máxima em natação

Rafael Gonçalves Silva^a, Paulo Roberto dos Santos Amorim^a, Maicon Rodrigues Albuquerque^a, Guilherme de Azambuja Pussieldi^a, Gustavo Ramos Dalla Bernardina^{b,*}, Robson Bonoto Teixeira^a, João Carlos Bouzas Marins^a

Palavras-chave:

Exercício físico;
Resposta cardíaca;
Treinamento esportivo;
Teste físico.

RESUMO

O desenvolvimento de um protocolo específico na natação para detectar a Frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) pode qualificar a prescrição e controle de treinamento na natação. Dessa forma, o estudo objetivou validar um teste específico para obtenção da $FC_{\text{máx}}$ em natação, para o nado *crawl*. Onze nadadores masculinos, de nível universitário, nadaram as distâncias de 100 e 200 metros *crawl*, em velocidade máxima, com monitoramento da FC, através de um monitor cardíaco. A validade foi avaliada pela relação entre $FC_{\text{máx}}$ e lactato e a confiabilidade por teste e reteste de cada distância. A $FC_{\text{máx}}$ dos 100 e 200 metros no teste foi de $187,6 \pm 7,23$ e $187,6 \pm 7,54$ bpm ($p > 0,05$) e no reteste de $188,3 \pm 8,3$ e $189,5 \pm 8$ bpm ($p > 0,05$). Encontraram-se altos valores de correlação para $FC_{\text{máx}}$ obtida e concentração de lactato nos dois testes (100 e 200 metros). Correlações positivas significativas entre teste e reteste mostraram a confiabilidade dos testes (100 metros – 0,910, $p < 0,001$ e 200 metros – 0,950, $p < 0,001$). Conclui-se que os testes propostos são capazes de gerar, com precisão, a $FC_{\text{máx}}$ de nadadores de nível universitário, são uma importante variável usada para cálculo das zonas de intensidade do treinamento e ferramenta para monitoramento da evolução do atleta durante a temporada.

Keywords:

Physical exercise;
Cardiac response;
Sports training;
Physical test.

ABSTRACT

The development of a specific protocol to detect swimming Maximum Heart Rate (HR_{max}) can qualify the prescription and control training in swimming. Thus, the aim of this study was to validate a specific test to obtain HR_{max} in swimming, to freestyle. Eleven male swimmers, college-level, swam the distances of 100 and 200 meters at maximum speed, with heart rate monitoring, through a cardiac monitor. The validity was evaluated by the relation between HR_{max} and lactate, and the reliability by test and retest of each distance. The HR_{max} of the 100 and 200 meters in the test was 187.6 ± 7.23 and 187.6 ± 7.54 bpm ($p > 0.05$) and in the retest of 188.3 ± 8.3 and 189.5 ± 8 bpm ($p > 0.05$). High correlation values were found for HR_{max} obtained and lactate concentration in both tests (100 and 200 meters). Significant positive correlations between test and retest showed the reliability of the tests (100 meters – 0.910, $p < 0.001$ e 200 meters – 0.950, $p < 0.001$). It is concluded that the proposed tests are capable of generating, with accuracy, the HR_{max} of college-level swimmers, being an important variable used to calculate training intensity zones and a tool to monitor the evolution of the athlete during the season.

Palavras Chave:

Ejercicio físico;
Respuesta cardíaca;
Entrenamiento deportivo;
Prueba física.

RESUMEN

El desarrollo de un protocolo específico en natación para detectar la frecuencia cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) puede condicionar la prescripción y el control del entrenamiento en natación. De esta forma, el objetivo del estudio fue validar una prueba específica para la obtención de la $FC_{\text{máx}}$ en natación, en el estilo crol. Once nadadores masculinos, de nivel universitario, nadaron las distancias de 100 y 200 metros a toda velocidad, con control de la frecuencia cardíaca mediante un monitor cardíaco. La validez se evaluó por la relación entre la $FC_{\text{máx}}$ y el lactato, y la fiabilidad por la relación entre el test y el retest de cada distancia. La $FC_{\text{máx}}$ de 100 y 200 metros en el test fue $187,6 \pm 7,23$ y $187,6 \pm 7,54$ lpm ($p > 0,05$) y en el retest, $188,3 \pm 8,3$ y $189,5 \pm 8$ lpm ($p > 0,05$). Se encontraron elevados valores de correlación obtenidos para la $FC_{\text{máx}}$ y la concentración de lactato en las dos pruebas (100 y 200 metros). Correlaciones positivas importantes entre el test y el retest mostraron la fiabilidad de las pruebas (100 metros: 0,910; $p < 0,001$ y 200 metros: 0,950; $p < 0,001$). Se concluye que las pruebas propuestas son capaces de generar, con precisión, la $FC_{\text{máx}}$ de nadadores de nivel universitario y son una importante variable usada para calcular las zonas de intensidad del entrenamiento y una herramienta para el control de la evolución del nadador durante la temporada.

^a Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

^b Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

*Autor correspondente:

Gustavo Ramos Dalla Bernardina
E-mail: gustavordalla@gmail.com

Recebido em 21 de abril de 2017; aceito em 9 de janeiro de 2019.

DOI: [10.1016/j.rbce.2019.01.003](https://doi.org/10.1016/j.rbce.2019.01.003)

INTRODUÇÃO

O controle de variáveis intervenientes no processo de treinamento, com testes físicos cujas respostas permitem o monitoramento da carga de trabalho, é imprescindível para que o atleta se qualifique e aprimore progressivamente sua capacidade de rendimento (Cielo *et al.*, 2007; Marins *et al.*, 2010). Nesse sentido, na natação, pesquisadores têm estudado variáveis fisiológicas [frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio (VO_2) e lactato sanguíneo] durante testes incrementais a fim de entender suas respostas quando os indivíduos são submetidos ao esforço máximo na água (Fernandes *et al.*, 2011; de Jesus *et al.*, 2015; Pelarigo *et al.*, 2017).

Existe uma relação direta entre FC, VO_2 e lactato sanguíneo, ou seja, essa progressão conjunta é válida em diferentes níveis de intensidade (Filipatou *et al.*, 2006). Diante dos complexos procedimentos e custos para se determinarem o VO_2 e o lactato (Pelarigo *et al.*, 2017), a resposta da FC se torna uma opção para quantificar a intensidade do esforço, habitualmente usada em testes clínicos (Araújo, 2005) e para prescrever e controlar a intensidade do exercício em programas de treinamento e reabilitação (Zavorsky, 2000; Nogueira, 2003).

É sabido que exercícios feitos na água apresentam características específicas, como fatores relacionados à imersão e posição corporal, que influenciam nos indicadores de intensidade de esforço quando comparados com os exercícios feitos em ambiente terrestre (Graef, 2006). Dessa forma, a prescrição de exercícios com o uso do conceito da FC de reserva (Karvonen *et al.*, 1957) torna importante obter a FC máxima ($FC_{máx}$) na natação. Essa forma de prescrição tem como principal fator a ser considerado a individualidade do treinamento, pois leva em consideração a FC basal e máxima do avaliado.

Considerando que as equações de predição da $FC_{máx}$ podem gerar um erro em relação ao valor real (Marins *et al.*, 2010; Nogueira, 2003), é necessária a definição de protocolos de testes máximos na intenção de reduzir os erros associados a essas estimativas. Além disso, ainda não se tem o conhecimento de equações elaboradas para natação (Marins *et al.*, 2010) e o uso das validadas para outros grupos, como corredores e ciclistas, poderia diminuir ainda mais a precisão na prescrição do exercício (Banaee *et al.*, 2013; Whyte *et al.*, 2008).

Inicialmente, os testes de obtenção da $FC_{máx}$ na natação eram feitos em um ergômetro específico (*swimming flume*), que não é realidade para muitos atletas, e pelo nado atado. Além disso, cada grupo de pesquisadores usou um protocolo incremental diferente, como aumento da frequência de braçada (McArdle *et al.*, 1971),

da velocidade do nado controlada pelo ergômetro (Holmér *et al.*, 1974) e da quilagem no teste de nado atado (Dixon e Faulkner, 1971). Esses testes apresentam uma complexidade, com a necessidade de o nadador ser experiente, além de dispender um tempo longo para cada atleta. O teste pode durar aproximadamente uma hora. Cuidados em relação às diferenças metodológicas nos procedimentos, como classificação de um esforço como submáximo, familiaridade com o teste e presença de *outliers*, também podem interferir nos resultados (Zavorsky, 2000).

Além dos pontos mencionados até aqui, estabelecer a $FC_{máx}$ na natação se faz necessário, pois uma análise criteriosa do seu comportamento em determinados momentos da periodização de um atleta pode indicar o excesso de treinamento (Zavorsky, 2000; Bell e Ingle, 2013). Ainda não foram encontrados estudos com o objetivo de validar um protocolo incremental para obtenção da $FC_{máx}$. Dessa forma, torna-se necessária a validação de testes direcionados especificamente para a obtenção da $FC_{máx}$ nesse esporte. Assim, o objetivo deste estudo foi validar um teste específico para obtenção da $FC_{máx}$ na natação. Tem-se como hipótese que o teste proposto é capaz de gerar o esforço máximo do nadador, é válido e confiável para obter a $FC_{máx}$ na natação.

MÉTODOS

Participantes

O estudo foi desenvolvido a partir de uma amostra de conveniência. O grupo amostral foi composto por 11 nadadores de nível universitário, de $22,09 \pm 2,39$ anos, peso de $76,93 \pm 5,4$ kg, estatura de $1,77 \pm 0,05$ metros e percentual de gordura de $16,36 \pm 5,87\%$, todos do sexo masculino. Esse grupo foi selecionado numa população de nadadores de nível universitário que treinavam regularmente durante os últimos 12 meses com frequência semanal de, no mínimo, quatro vezes. Todos os nadadores se encontravam na fase de transição dentro da periodização do treinamento, ou seja, estavam recém-saídos da fase competitiva, no auge de sua preparação.

Todos os procedimentos feitos foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em pesquisas com seres humanos da Universidade Federal de Viçosa (Of. Ref. N° 180/2011), estão de acordo com resolução específica do Conselho Nacional de Saúde (n° 466/2012).

Protocolo experimental

As medidas antropométricas (massa corporal, estatura e percentual de gordura) foram coletadas para a caracterização da amostra antes dos testes, foram

feitas por um único avaliador com alta experiência na execução das técnicas necessárias. Os registros antropométricos tomaram como referência as indicações propostas por Marfell-Jones *et al.*, 2006, foram feitas sempre de manhã. Para o cálculo do percentual de gordura, foi usada a equação de estimativa por sete dobras cutâneas de Jackson e Pollock (1978). Foi usado o *software* Avaesporte® para calcular os dados de percentual de gordura.

Para o registro da frequência cardíaca ao longo do experimento foi usado o monitor cardíaco TEAM²PRO® (Polar®, Finlândia), programado para registrar a FC com intervalo a cada segundo. Para que a banda do monitor cardíaco não se deslocasse da sua posição inicial (abaixo do processo xifoide), todos os nadadores usaram um *top*, colocado para manter a fita transmissora no local de melhor contato para a coleta dos batimentos pela banda, de forma a não haver perda no sinal de registro da FC.

O protocolo aplicado correspondeu a duas fases, uma de aquecimento e outra principal. Na fase de aquecimento, padronizada entre todos os testes, o atleta nadou 400 metros no estilo *crawl* (saiu de dentro da piscina) em uma intensidade que variou de leve a moderada, de acordo com a percepção de esforço do avaliado. O tempo de aquecimento foi variável, porém nunca inferior a quatro minutos e nem superior a oito minutos, conforme feito no trabalho de Scolfaro *et al.* (1998) para avaliar a $FC_{máx}$.

A parte principal consistiu em nadar, em dias diferentes, 100 ou 200 metros no menor tempo, logo após o aquecimento, sem intervalo de recuperação. Para atender aos objetivos deste trabalho, todos os nadadores de nível universitário fizeram as duas variações de teste em dois momentos (teste–reteste), ou seja, aqueles submetidos ao teste de 100 metros em um determinado dia repetiram o mesmo (reteste) no dia seguinte. No terceiro dia, fez-se o teste de 200 metros, repetido no quarto dia.

A fim de diminuir interferências externas, os nadadores foram divididos aleatoriamente em dois grupos. Os nadadores do primeiro grupo faziam o teste e reteste de 100 metros nos dois primeiros dias e os testes de 200 metros nos dois seguintes, o segundo grupo fazia os testes na ordem inversa.

O teste foi considerado máximo quando o atleta atingiu no mínimo dois entre os três critérios abaixo:

a) completar o protocolo entre 85% e 100% de seu melhor tempo de prova dos 100 e 200 metros *crawl* nos últimos seis meses prévios ao teste (Tabela 1); b) obter valores de concentração de lactato pós-teste superiores a 8mmol/L (Pyne *et al.*, 2001); c) relatar valores de PSE superior a 18 (ACSM, 2006).

Tabela 1. Melhor tempo de prova dos 100 e 200 metros *crawl* dos últimos seis meses prévios aos testes.

Avaliado	[0,2-3] Melhor tempo de prova (segundos)	
	100 metros	200 metros
1	61	140
2	63	141
3	64	157
4	72	169
5	59	140
6	70	165
7	71	171
8	66	142
9	61	145
10	62	144
11	68	166
Média	65,18	152,73
Desvio-padrão	4,49	12,87

Após a chegada ao fim do teste, os nadadores indicavam sua percepção subjetiva de esforço (PSE) em uma tabela com valores que variavam de seis (sem esforço algum) a 20 (máxima intensidade) (Borg, 1982).

Depois de indicarem sua PSE, foi registrada a concentração de lactato sanguíneo. As amostras sanguíneas foram obtidas por punção na polpa digital a cada minuto, até que um valor inferior ao anterior fosse registrado, adotou-se, assim, esse valor mais elevado. Esse processo foi feito com o uso de lancetas (Accu-check Softclix®, Roche®, Brasil) e a coleta do sangue nas fitas apropriadas foi analisada por um aparelho destinado a esse fim (Accutrend®, Roche®, Brasil). Todo o material descartável era colocado de forma correta em recipientes apropriados e destinados como lixo hospitalar, respeitaram-se assim as normas de segurança biológica ao meio ambiente.

Todos os testes foram aplicados de manhã, das 8h às 12h. Os testes foram feitos em uma piscina oficial para competições, com as raias dispostas em 25 metros. A temperatura da água variou entre 25 e 28°C, estava dentro das normas recomendadas pela Federação Internacional de Natação (Fina). Além disso, no dia anterior ao início dos testes os treinos foram suspensos.

Os registros de FC foram transmitidos para um computador pessoal (Presario CQ40-713BR®, COMPAQ HP, Brasil) e posteriormente organizados pelo programa POLAR TEAM²®.

Análise dos dados

O teste de Shapiro-Wilk ($n < 50$) revelou que o tempo de teste de 100m e o melhor tempo de prova dos 100 metros *crawl* nos últimos seis meses prévios ao teste mostraram uma distribuição normal ($p > 0,05$). Todos os outros dados ($FC_{\text{máx}}$ obtida, PSE, lactato, percentual do melhor tempo) eram não normalmente distribuídos ($p < 0,05$). Para a validade de testes, os escores de $FC_{\text{máx}}$ e Lactato (La) foram padronizados, por serem transformados em escore z [$z = (\text{score} - \text{pontuação média})/DP$], pois as pontuações para cada método foram medidas em diferentes unidades. A $FC_{\text{máx}}$ e a La transformadas foram analisadas com os testes de Wilcoxon *signed-rank* e método de Bland & Altman. Para a confiabilidade dos testes, foram feitos testes de Wilcoxon *signed-rank*, coeficiente de correlação de Spearman (*rho*), coeficiente de correlação intraclasse (CCI) e método de Bland & Altman, analisados para primeiro e segundo dias de testes. Para interpretação do CCI foram considerados valores menores do que 0,50, entre 0,50 e 0,75, entre 0,75 e 0,90 e maiores do que 0,90, como confiabilidade fraca, moderada, boa e excelente, respectivamente (Koo e Li, 2016). Para comparação 100 e 200 metros, foram usados o Wilcoxon *signed-rank* e o método de Bland & Altman. Para todos os cálculos estatísticos neste estudo, a significância foi aceita em $p < 0,05$. Os dados foram

apresentados como mediana (amplitude interquartil, que corresponde ao valor do 3º quartil menos o valor do 1º quartil). O método Bland & Altman de análise foi feito no Medcalc (versão 12.5). Todas as outras análises estatísticas foram feitas com o programa SPSS 20.0. Por fim, o cálculo do tamanho do efeito foi feito como sugerido por Field (2009).

RESULTADOS

A) Validade

Foram encontradas correlações significativas entre a $FC_{\text{máx}}$ e La (Tabela 2) nos 100 metros e 200 metros, já que o teste de Wilcoxon *signed-rank* não indicou diferenças entre os escores z de $FC_{\text{máx}}$ e La dos 11 nadadores treinados em 100 metros ($Z = -0,711$; $p = 0,477$; tamanho do efeito = 0,21) e 200 metros ($Z = -0,622$; $p = 0,534$; tamanho do efeito = 0,19). Além disso, a plotagem de Bland-Altman (Figura 1) apresentou elevados limites de concordância entre os valores de $FC_{\text{máx}}$ e La nos 100 metros e 200 metros. Todos os indivíduos tiveram registros superiores a 18, em uma escala de 6 a 20 pontos nas avaliações de PSE. O teste de 100 metros teve valores de mediana (amplitude interquartil) de 19 (1) e o reteste na mesma metragem de 19 (0). Já no teste de 200 metros, o valor de mediana (amplitude interquartil) de PSE foi 19 (0), enquanto o reteste apresentou valores de 19 (1).

Tabela 2. Variáveis analisadas nos testes de 100 e 200 metros *crawl*.

Avaliado	$FC_{\text{máx}}$ (bpm)	[0,3-5]Teste de 100 metros			[0,7-9]Teste de 200 metros			
		La (mmol/L)	Tempo alcançado (segundos)	% do melhor tempo	$FC_{\text{máx}}$ (bpm)	La (mmol/L)	Tempo alcançado (segundos)	% do melhor tempo
1	193	11,7	69	88,41	188	8,9	163	85,89
2	185	15,6	71	88,73	186	13,3	165	85,45
3	190	14	73	87,67	190	13,7	179	87,71
4	186	12,9	83	86,75	180	13,1	190	88,95
5	181	10,9	69	85,51	185	9,3	164	85,37
6	180	11,2	80	87,50	181	11,8	179	92,18
7	200	9,3	83	85,54	201	11,5	186	91,94
8	189	9,4	74	89,19	195	11,3	166	85,54
9	192	10,2	70	87,14	191	10,4	169	85,80
10	183	14,3	71	87,32	185	13,3	169	85,21
11	177	8,8	80	85,00	178	9	179	92,74
Mediana	186	11,2	73	87,32	186	11,5	169	85,89
Amplitude interquartil	11	4,6	10	2,86	10	4	14	6,48
Valor de p*		[0,2-3]0,477			[0,6-7]0,534			

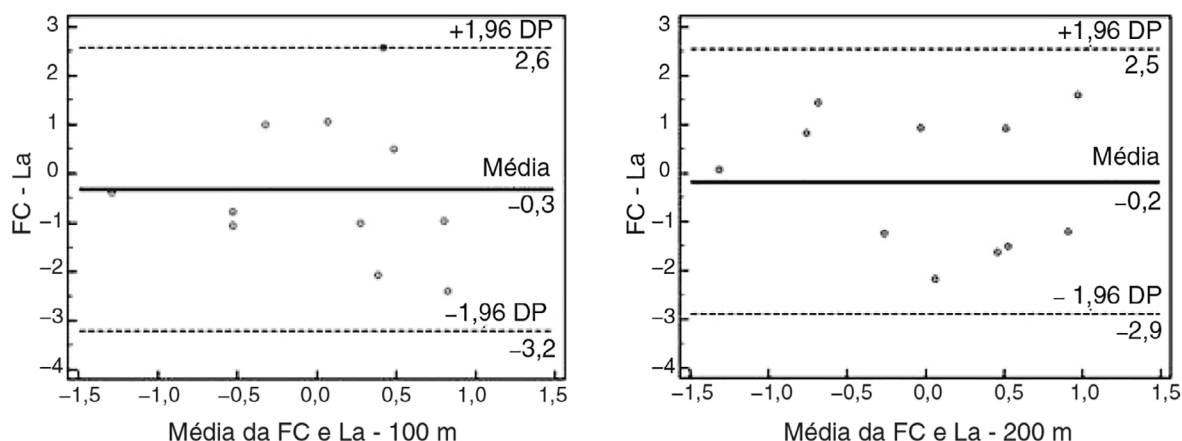


Figura 1. Bland-Altman da $FC_{\text{máx}}$ e Lactato transformados em escores z, nos 100 e 200 metros *crawl*. As linhas em negrito representam as médias da diferença dos escores. As linhas tracejadas representam os limites de concordância (média $\pm 1,96 \times$ o desvio padrão do valor da diferença).

B) Confiabilidade

A confiabilidade interteste mostrou-se elevada, já que não foram encontradas diferenças na $FC_{\text{máx}}$ entre o primeiro e o segundo teste feito nos 11 nadadores treinados (Tabela 3). Além disso, houve correlações positivas significativas entre o primeiro e segundo teste feitos nos 100 metros ($r = 0,910$, $p < 0,001$) e 200 metros ($r = 0,950$, $p < 0,001$). O coeficiente de correlação intraclassa para os 100 metros [CCI = 0,953 (0,834–0,987, intervalo de confiança de 95%); $F(10;10) = 20.901$; $p < 0,001$] e 200 metros [CCI = 0,938 (0,681–0,985, intervalo de confiança de 95%); $F(10;10) = 22.931$; $p < 0,001$] foram considerados excelentes. As plotagens Bland-Altman (Figura 2) mostraram limites de concordância elevados quando comparados testes e retestes feitos em 100 e 200 metros.

Comparação entre os testes de 100 e 200 metros *crawl*

A Figura 3 apresenta a $FC_{\text{máx}}$ e o La para os 11 nadadores treinados. O teste de Wilcoxon *signed-rank* não indicou diferença entre 100 e 200 metros para a $FC_{\text{máx}}$ ($Z = -0,723$; $p = 0,469$; tamanho do efeito = 0,22) e La ($Z = -0,445$; $p = 0,656$; tamanho do efeito = 0,13). Além disso, as plotagens de Bland-Altman (Figura 4)

apresentaram valores elevados de correlação entre as $FC_{\text{máx}}$ obtidas em 100 e 200 metros.

DISCUSSÃO

O presente trabalho teve como objetivo propor um teste específico para obtenção da $FC_{\text{máx}}$ na natação. Dois protocolos incrementais, um com esforço máximo nos 100 metros e outro com esforço máximo em 200 metros, no nado *crawl*, foram comparados. A principal contribuição e originalidade desse estudo foi certificar, tendo como referência os resultados estatísticos de validade e confiabilidade, que os testes foram capazes de gerar o esforço máximo do nadador, possibilitaram assim uma importante ferramenta de controle e prescrição de treinamento.

Um teste deve medir o que foi proposto e obter assim o critério de validade. No caso do presente estudo, estabelecer um teste para determinar a $FC_{\text{máx}}$ em nadadores de nível universitário. Foi possível certificar a validade dos testes propostos de várias formas. Inicialmente se podem observar na Tabela 2 e figura 1 os altos valores de correlação entre a $FC_{\text{máx}}$ obtida e a concentração de La obtidas tanto nos testes de 100 ($p = 0,477$) quanto nos testes de 200 metros *crawl* ($p = 0,534$). Outros fatores que podem certificar a validade dos testes tomam por base que

Tabela 3. Lactato (La) e frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) obtidos no primeiro e segundo testes de 100 e 200 metros *crawl*.

		Mínimo	Máximo	Mediana	Amplitude interquartil	Valor de p*
Teste	$FC_{\text{máx}100}$ (bpm)	177	200	186	11	0,776
Reteste	$FC_{\text{máx}100}$ (bpm)	176	204	186	10	
Teste	$FC_{\text{máx}200}$ (bpm)	178	201	186	10	0,776
Reteste	$FC_{\text{máx}200}$ (bpm)	177	203	191	13	

bpm: batimentos por minuto. * Teste de Wilcoxon.

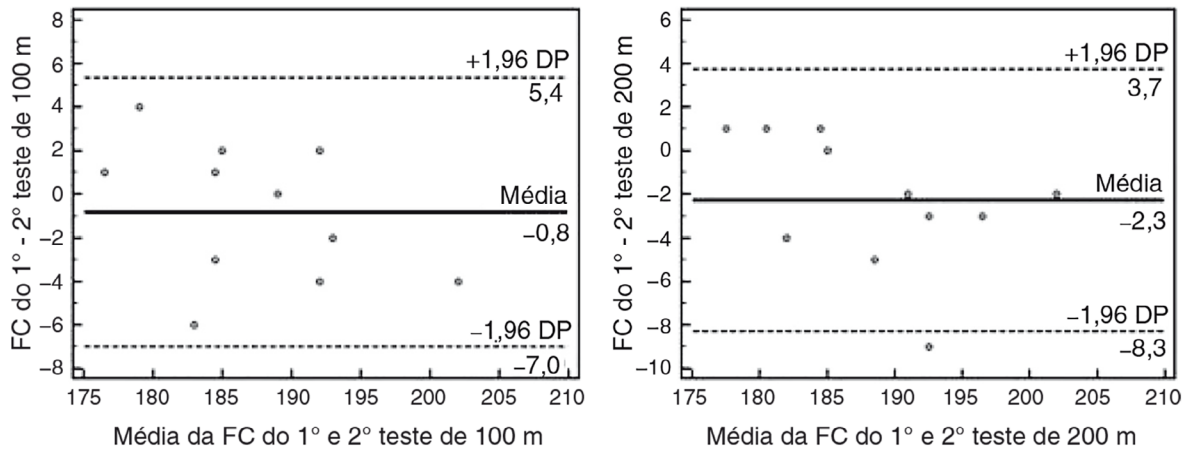


Figura 2. Bland-Altman do primeiro e segundo testes feitos nos 100 e 200 metros *crawl*. As linhas em negrito representam a média das diferenças. As linhas tracejadas representam os limites de concordância (média \pm 1,96 \times o desvio padrão do valor da diferença).

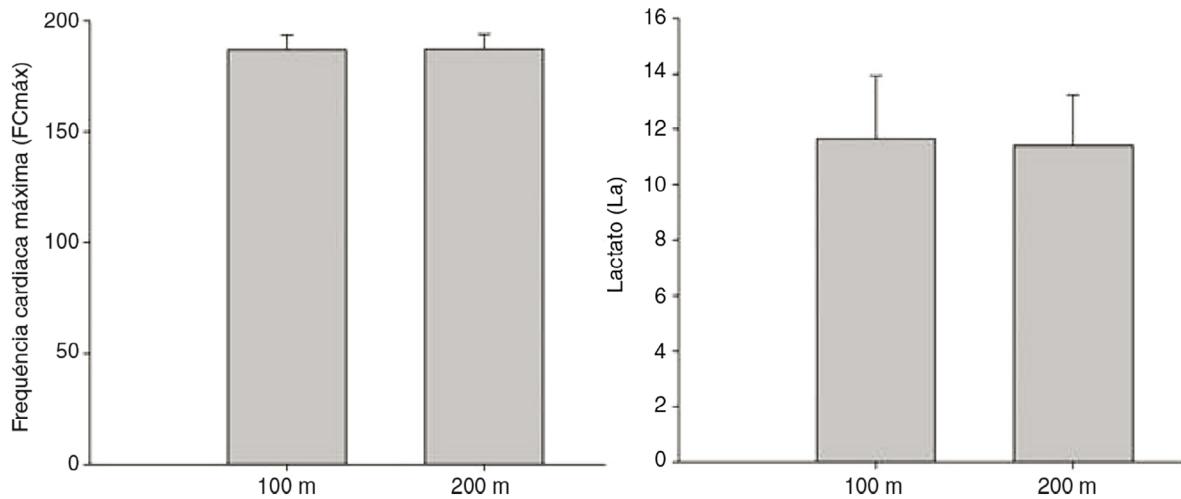


Figura 3. Comparação entre 100 e 200 metros *crawl* em relação à frequência cardíaca máxima e ao Lactato.

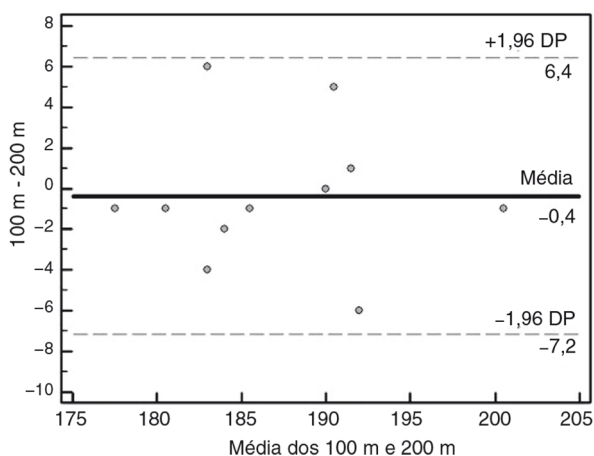


Figura 4. Plotagem Bland-Altman da $FC_{máx}$ dos 100 e 200 metros *crawl*. As linhas em negrito representam a média da diferença dos valores. As linhas tracejadas representam os limites de concordância (média \pm 1,96 \times o desvio padrão dos valores da diferença).

todos os valores de PSE foram iguais ou superiores a 18 (ACSM, 2006) e os valores de concentração de La foram superiores a 8 mmol/L (Pyne *et al.*, 2001). Além disso, em todas as amostras, a FC de pico obtida foi atingida, em grande parte dos testes, antes do último segundo de teste, e a presença de um platô de FC ao fim do teste permite confirmar que os nadadores tiveram seus testes classificados como máximos (Tanaka *et al.*, 2001). Dessa forma, foi possível considerar que os testes apresentaram uma validade elevada, visto que os critérios adotados se mostraram positivos de acordo com as expectativas.

Comprovada a validade do teste, fez-se também neste trabalho uma análise metodológica em relação às fases de aquecimento e parte de esforço máximo quanto a sua metragem e aos resultados de FC obtidos. A maior parte dos estudos em natação usa protocolos de *step-test* incremental. Esse tipo de protocolo pode gerar um maior desgaste físico ao atleta com um

tempo total de teste maior para se atingir a $FC_{m\acute{a}x}$. [Ganzevles et al., \(2017\)](#) relatam que para a amostra do seu estudo foi necessária uma distância de nado de pelo menos 250 metros para que a FC se estabilizasse nos últimos 30 segundos de cada repetição do *step-test* incremental. Após um aquecimento padronizado havia um descanso para o início do teste e entre cada *step* o atleta também tinha um período de descanso.

Já o protocolo usado no presente estudo envolveu uma parte de aquecimento progressivo seguido de uma parte de esforço máximo sem interrupção. Esse procedimento permite uma adaptação progressiva ao esforço, com um melhor ajuste cardíaco entre a condição de FC de repouso para a condição máxima nos testes ([Scolfaro et al., 1998](#)). Cabe lembrar que o grupo avaliado compreendeu nadadores já habituados à dinâmica de treinamento com distâncias muito superiores. Nesse caso, essa dinâmica não se aplica a nadadores iniciantes, com pouco domínio da técnica, em que essa distância de aquecimento já poderia comprometer o resultado da parte principal.

Foi encontrado apenas um estudo que usou esse protocolo sem interrupção, mas o registro da FC não aconteceu durante toda a dinâmica do teste. A FC foi registrada na parcial de 50 metros e no fim do teste, nos 100 metros, e foi considerado o maior valor como a $FC_{m\acute{a}x}$ obtida ([Scolfaro et al., 1998](#)). Esse método pode influenciar negativamente, visto que após uma interrupção de um esforço a FC diminui, principalmente se o atleta tiver uma grande capacidade de recuperação.

Quando analisada a confiabilidade dos testes, espera-se um valor elevado de correlação dos resultados apresentados no teste comparados com a sua subsequente execução (teste-reteste). De acordo com os resultados, pode-se observar um valor muito elevado para os testes nas metragens de 100 e 200 metros ($p = 0,91$ e $0,95$, respectivamente), o que qualifica os processos propostos. Para fazer a análise da objetividade do teste, o reteste foi aplicado por um avaliador diferente do primeiro dia, no qual também se obteve excelente correlação, visto que a boa execução depende, em grande parte, do avaliado. Não foram encontradas diferenças estatísticas quando comparados valores de $FC_{m\acute{a}x}$ entre as duas distâncias propostas. Isso implica que, para esse público, ambas as distâncias são úteis para se obter a $FC_{m\acute{a}x}$.

Na literatura são encontrados alguns estudos que fizeram a comparação de diferentes distâncias e obtiveram valores de $FC_{m\acute{a}x}$ semelhantes ao encontrado no presente estudo. Comparando as distâncias de 50, 100, 150, 200 e 250 metros nado *crawl*, em atletas de 13 a 16 anos, do sexo masculino, [Dinardi, 2003](#) não encontraram diferenças

significativas entre as distâncias de 100, 150 e 200 metros. Apesar de a idade da amostra do estudo citado ser diferente da amostra do presente estudo, os resultados corroboram ao encontrar uma resposta cardíaca semelhante entre as distâncias de 100 e 200 metros, com valores da $FC_{m\acute{a}x}$ próximos a 180 bpm.

Outros dois estudos usaram as distâncias de 100 e 200 metros. [Nogueira, 2003](#) para investigar a $FC_{m\acute{a}x}$ em três distâncias (100, 150 e 200 metros) de nado *crawl*, usou um método similar a do presente estudo, porém com um tempo de pausa entre a parte de aquecimento progressivo e o esforço máximo. Além disso, foi usado outro sistema de monitoramento da FC, em que ela era registrada a cada cinco segundos durante todo o percurso. Apesar dos testes apresentarem algumas diferenças em relação ao presente estudo, os resultados corroboram, não se encontraram diferenças significativas na $FC_{m\acute{a}x}$ entre as distâncias de 100m e 200m *crawl*. [Cielo et al. \(2007\)](#) também aplicaram testes máximos de 100 e 200m *crawl* em atletas de natação e encontraram valores acima de 180 bpm para as duas distâncias.

Diante dessas informações e analisando os resultados obtidos no presente estudo, como não houve diferença, tanto nos valores de FC quanto nos valores de PSE e concentração de lactato, sugere-se usar a distância de 100 metros no esforço máximo do teste. Isso se deve à sua praticidade, que torna a dinâmica de teste mais rápida, principalmente quando houver um grande número de nadadores para serem avaliados no mesmo instante.

Com vistas a aprimorar a qualidade dos dados obtidos, recomenda-se ter atenção quanto: a) fazer o teste máximo sempre no mesmo horário, preferencialmente no horário de treino do avaliado, evitar interferências do ritmo biológico circadiano e se aproximar da realidade de treino ([Afonso et al., 2006](#)); b) controlar a temperatura da água ([Psycharakis, 2011](#)); c) estabelecer o mesmo tipo de estímulo motivacional externo aplicado, como gestos e assovios, que, quando diferentes entre teste e reteste, podem ser indicados como fatores influenciadores dos resultados.

É fundamental o uso de monitores cardíacos com registro dos batimentos a cada segundo, o que aumenta a precisão e diminui o risco de se perder o registro da maior FC em algum intervalo não registrado. Quanto maior o número de variáveis a serem controladas (PSE, concentração de lactato no sangue e percentual do melhor tempo), mais precisos serão os resultados. Recomenda-se também o reteste a cada dois meses aproximadamente, já que a $FC_{m\acute{a}x}$ pode sofrer alteração de acordo com o período/ciclo de treinamento ([Zavorsky, 2000](#)).

Uma limitação deste estudo foi a ausência da análise de gases respiratórios devido à dinâmica do

teste, o que poderia confirmar a condição máxima do protocolo empregado pelo QR. No entanto, foram feitas outras formas de controle (PSE, concentração de lactato sanguíneo e percentual do melhor tempo), indicaram claramente a elevada intensidade dos testes e conseqüentemente sua validade. Outra possível limitação foi quanto ao número restrito de avaliados, porém, em busca de um refinamento metodológico, a amostra necessitava ser homogênea e concentrar-se em nadadores de características biológicas, físicas e técnicas semelhantes, a fim de controlar possíveis vieses intervenientes nos resultados deste estudo.

Os achados do estudo se referem ao nado *crawl*. Sugere-se a partir deste trabalho a reprodução deste estudo em outros grupos populacionais de nadadores de alto nível. É necessário também ampliar as investigações para as outras técnicas de nado (costas, peito e borboleta), uma vez que têm dinâmicas de movimentos diferentes e demandam gastos energéticos diferentes.

Como aplicação prática, estabelecer a $FC_{máx}$ na natação se faz necessário para: (i) prescrição de intensidades de treinamento a partir do conceito de FC de reserva (Ganzevles *et al.*, 2017); (ii) estimar valores de $VO_{2píco}$ na natação, por fórmulas baseadas em valores de $FC_{máx}$ (Chaverri *et al.*, 2016); e (iii) monitorar a $FC_{máx}$ durante a temporada, uma vez que ela pode ser alterada com o aumento do desempenho (Zavorsky, 2000).

CONCLUSÃO

Tanto o teste de 100 quanto o teste de 200 metros, feitos em máxima intensidade e precedidos de um aquecimento de 400 metros em intensidade moderada em natação, são capazes de gerar, com precisão, a $FC_{máx}$ de nadadores de nível universitário.

FINANCIAMENTO

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - Brasil - Código de financiamento 001.

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG - Brasil - 12040.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 7 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006.

Afonso LS, Santos JFB, Lopes JR, Tambelli R, Santos EHR, Back FA, *et al.* Freqüência cardíaca máxima em esteira ergométrica em diferentes horários. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12:318-22.

Araújo CG, Pinto VLM. Freqüência cardíaca máxima em testes de exercício em esteira rolante e em cicloergômetro de membros inferiores. *Arq Bras Cardiol* 2005;85:45-50.

Banaee H, Ahmed MU, Loutfi A. Data mining for wearable sensors in health monitoring systems: a review of recent trends and challenges. *Sensors* 2013;13:17472-500.

Bell LM, Ingle L. Psycho-physiological markers of overreaching and overtraining in endurance sports: a review of the evidence. *Medicina Sportiva* 2013;17:81-97.

Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:377-81.

Chaverri D, Schuller T, Iglesias X, Hoffmann U, Rodríguez FA. New model for estimating peak oxygen uptake based on Postexercise Measurements in Swimming. *Int J Sports Physiol Perform* 2016;11:419-24.

Cielo FMBL, Neto JB, Curi R, Pellegrinotti IL, Cielo CA, Pithon-Curi TC. Avaliação da glicemia, lactato plasmático e freqüência cardíaca em nadadoras de 13 a 16 anos de idade após esforços máximos de 100 e 200 metros nado *crawl*. *Rev Bras Ciênc e Mov* 2007;15:37-44.

de Jesus K, Sousa A, de Jesus K, Ribeiro J, Machado L, Rodriguez F, *et al.* The effects of intensity on VO_2 kinetics during incremental free swimming. *Appl Physiol Nutr Metab* 2015;40:918-23.

Dinardi LR, Marins JCB. Identificação da distância ideal de provas de natação para determinar a freqüência cardíaca máxima (FCM). *R Min Educ Fís* 2003;11:79-215.

Dixon RW, Faulkner JA. Cardiac outputs during maximum effort running and swimming. *J Appl Physiol* 1971;5:653-6.

Fernandes RJ, Sousa M, Machado L, Vilas-Boas JP. Step length and individual anaerobic threshold assessment in swimming. *Int J Sports Med* 2011;32:940-6.

Field A. *Discovering statistics using SPSS*. 3rd edition. London: Sage; 2009.

Filipatou E, Toubekis A, Douda H, Piliandis T, Tokmakidis S. Lactate and heart rate responses during swimming at 95% and 100% of the critical velocity in children and young swimmers. *Rev Port Ciênc Desp* 2006;6:117-82.

Ganzevles SPM, Haan A, Beek PJ, Daanen HAM, Truijens MJ. Heart rate recovery after warm-up in swimming: a useful predictor of training heart rate response? *Int J Sports Physiol Perform* 2017;12.

Graef FI, Krueel LFM. Freqüência cardíaca e percepção subjetiva do esforço no meio aquático: diferenças em relação ao meio terrestre e aplicações na prescrição do exercício - uma revisão. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12.

Holmér I, Lundin A, Eriksson BO. Maximum oxygen uptake during swimming and running by elite swimmers. *J Appl Physiol* 1974;6:711-4.

Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40:497-50.

Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann med exp biol fenn* 1957;35:307-15.

Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med* 2016;15:155-63.

Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. International standards for anthropometric assessment. The International Society for the Advancement of Kinanthropometry 2006.

- Marins JCB, Marins NMO, Fernández MD. Aplicaciones de la frecuencia cardíaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts* 2010;45:251-8.
- McArdle WD, Glaser RM, Magel JR. Metabolic and cardiorespiratory response during free swimming and treadmill walking. *J Appl Physiol*; 1971;5:733-8.
- Nogueira SL, Xavier WDR, Figueiredo P, Marins JCB. Comparação da frequência cardíaca máxima (FCM) calculada por 21 equações e FCM obtida em natação estilo livre. *R Min Educ Fís* 2003;11:79-215.
- Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:153-6.
- Pelarigo JG, Machado L, Fernandes RJ, Greco CC, Vilas-Boas JP. Oxygen uptake kinetics and energy system's contribution around maximal lactate steady state swimming intensity. *Plos One* 2017;12:e0167263.
- Psycharakis SG. A longitudinal analysis on the validity and reliability of ratings of 190 perceived exertion for elite swimmers. *J Strength Cond Res* 2011;25:420-6.
- Pyne DB, Lee H, Swanwick KM. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33: 291-7.
- Scolfaro LB, Marins JCB, Regazzi AJ. Estudo comparativo da frequência cardíaca máxima em três modalidades cíclicas. *Rev APEF* 1998;13:44-54.
- Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:153-6.
- Whyte GP, George K, Shave R, Middleton N, Nevill AM. Training induced changes in maximum heart rate. *Int J Sports Med* 2008;29:129-33.
- Zavorsky GS. Evidence and possible mechanisms of altered maximum heart rate with endurance training and tapering. *Sports Med* 2000;29:13-26.