

Comparação da frequência cardíaca máxima entre teste máximo na natação e equações de predição

Silvana Lopes Nogueira Lahr^a, Rafael Gonçalves Silva^b, Gustavo Ramos Dalla Bernardina^{c,*}, Robson Bonoto Teixeira^b, João Carlos Bouzas Marins^b

Palavras-chave:

Exercício Físico;
Resposta cardíaca;
Nado crawl;
Nado peito.

Keywords:

Physical exercise;
Cardiac Response;
Freestyle stroke;
Breaststroke.

Palavras Chave:

Ejercicio físico;
Respuesta cardíaca;
Crol;
Braza.

RESUMO

O objetivo desse estudo foi verificar diferenças entre a frequência cardíaca máxima (FCM) obtida na natação em testes de 200 metros nas técnicas de nado crawl e peito e comparar a FCM dos testes com as obtidas através de 53 equações de predição. A amostra foi composta por dois grupos de nadadores, todos do sexo masculino, oito ($22,87 \pm 2,03$ anos) fizeram o nado crawl e 14 ($22 \pm 2,94$ anos) o nado peito. Não houve diferenças significantes ($p = 0,530$) em relação às técnicas de nado. Comparando-se a FCM obtida e calculada, através do modelo de Bland Altman, foi observado que apenas para o nado crawl são indicadas equações de predição para a estimativa da FCM, na impossibilidade de feitura do teste máximo. Entre as equações, recomenda-se a $FCM = 204 - 1,07 \times idade$.

ABSTRACT

The aim of this study was to verify the differences between the Maximum Heart Rate (MHR) obtained in swimming in tests of 200 meters in two swimming strokes frontcrawl and breaststroke and to compare FCM of the tests with the obtained through 53 prediction equations. The sample consisted of two groups of swimmers, all male, 8 (22.87 ± 2.03 years) performed freestyle and 14 (22 ± 2.94 years) breaststroke. There were no significant differences ($p=0.530$) regarding the swimming strokes. Comparing the MHR obtained and calculated through the Bland Altman model, it was observed that only for freestyle are indicated prediction equations for the MHR estimation, in the impossibility of to perform a maximum test. Among the equations, the $MHR = 204 - 1.07 \times age$ is recommended.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue comprobar las diferencias entre la frecuencia cardíaca máxima (FCM) obtenida en natación en pruebas de 200 metros en las técnicas de crol y braza, y comparar las FCM de las pruebas con las obtenidas a través de 53 ecuaciones de predicción. La muestra estaba compuesta por dos grupos de nadadores, todos del sexo masculino, y 8 ($22,87 \pm 2,03$ años) nadaron con estilo crol y 14 ($22 \pm 2,94$ años) nadaron a braza. No hubo diferencias importantes ($p = 0,530$) en relación con las técnicas de natación. En comparación con la FCM obtenida y calculada, a través del modelo de Bland Altman, se observó que las ecuaciones de predicción para la estimación de la FCM solo estaban indicadas para crol, por la imposibilidad de realizar la prueba máxima. Entre las ecuaciones, se recomienda la $FCM = 204 - 1,07 \times edad$.

^a Universidade Federal de Juiz de fora (Campus Governador Valadares), Departamento de Educação Física, Governador Valadares, MG, Brasil.

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

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

*Autor correspondente:

Gustavo Ramos Dalla Bernardina

E-mail: gustavordalla@gmail.com

Recebido em 28 de maio de 2017; aceito em 23 de novembro de 2018.

DOI: [10.1016/j.rbce.2018.11.003](https://doi.org/10.1016/j.rbce.2018.11.003)

INTRODUÇÃO

A intensidade do treinamento é um dos fatores mais importantes para a prescrição de exercícios físicos com vistas a obter e aprimorar resultados. Dessa forma, a monitoração da intensidade permite compreender as respostas fisiológicas de um indivíduo quando submetido a testes gerais ou específicos, além de constituir importante forma para determinar a sobrecarga a ser aplicada nos treinamentos (Cielo *et al.*, 2007). Entre as formas usadas para o controle da intensidade, encontra-se a frequência cardíaca (FC), que é comumente aplicada através de percentuais da frequência cardíaca máxima (FCM) ou percentuais da frequência cardíaca de reserva (Karvonen *et al.*, 1957). Entretanto, em ambientes aquáticos, as respostas fisiológicas do organismo ao exercício sofrem influência do meio, podem alterar a resposta da FC (Esteves *et al.*, 2010). Os estudos da área apontam para uma menor FC no ambiente aquático comparado com o terrestre (da Silva *et al.*, 2014; di Masi *et al.*, 2016; Olkoski e da Silva Lopes, 2013). A menor FC dentro da água, especialmente na natação, seria devido a vários fatores, como posição do corpo e temperatura da água (Psycharakis, 2011) e reflexo de mergulho (Morais *et al.*, 2011; West *et al.*, 2001). Recomenda-se, então, um ajuste da FC estimada para exercícios feitos na água (DiCarlo *et al.*, 1991).

Com o avanço tecnológico e o consequente aumento da precisão de monitores cardíacos resistentes à imersão, torna-se possível investigar com maior fidedignidade a resposta da FC nesse tipo de ambiente. De modo geral, para usar a FC como forma de controle de intensidade na natação é necessário usar testes máximos ou equações preditivas, a fim de se obter a FCM. Contudo, o uso de equações não formuladas a partir de exercícios máximos para natação pode implicar resultados inespecíficos. Estudos sinalizam claramente que o ambiente aquático pode influenciar na resposta da FCM em exercício de natação, geralmente uma bradicardia (Holmer, 1974; DiCarlo *et al.*, 1991; West *et al.*, 2001; Graef *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2005; Graef e Kruehl, 2006). Tendo em vista que, em casos em que não se tenha monitor de FC, é necessário usar fórmulas de predição da FCM para o cálculo da intensidade de treinamento. É possível ter como hipótese que as fórmulas derivadas de exercícios de corrida e de ciclismo não sejam adequadas para uma atividade em ambiente aquático.

Um dos aspectos que podem influenciar o sucesso do treinamento está relacionado com o estabelecimento correto da carga física; daí a importância de se estimar com precisão a FCM num programa de treinamento

em que se usa a FC como parâmetro para controle da intensidade do exercício. A resposta específica da FCM no ambiente aquático permitirá aprofundar os conhecimentos sobre a mesma nesse tipo de ambiente, possibilitará melhoria na qualidade da prescrição do treinamento de forma específica na natação.

Dessa forma, os objetivos deste estudo foram comparar os resultados da FCM obtida nos nados de crawl e peito em atletas do sexo masculino e comparar os valores da FCM obtida com os calculados por diferentes equações de predição. Têm-se como hipóteses para este trabalho a existência de diferença nos valores da FCM obtida em teste máximo entre os nados crawl e peito e a diferença entre os valores obtidos e estimados pelas referidas 53 equações de predição.

MÉTODOS

Amostra

Foi constituída por 22 nadadores universitários, não federados, do sexo masculino, divididos em dois grupos (Tabela 1). Eles foram recrutados de acordo com os seguintes critérios de inclusão: ter completo domínio das técnicas de nado; ter no mínimo dois anos de treinamento regular em natação; ter preenchido e sido aprovado no Questionário de Prontidão para Atividade Física (PAR-Q) (Shephard, 1988), além de não apresentar qualquer fator de risco coronariano avaliado pelo questionário da *Michigan Heart Association* (MHA, 1973). Além disso, todos os atletas avaliados vinham com no mínimo três meses de treinamento ininterrupto, com frequência semanal de três dias, com duração de 60 minutos para cada sessão de treino. Nenhum atleta pertencente ao estudo interrompeu os treinamentos por problemas de saúde, férias ou qualquer outro motivo. Os participantes foram informados previamente dos procedimentos que seriam feitos e, após concordar, assinaram um termo de consentimento, de acordo com a Lei 196/96, do Conselho Nacional de Saúde, aprovado pelo Comitê Ética da Universidade Federal de Viçosa (Of. Ref. Nº 180/2011).

Tabela 1. Características dos nadadores para cada teste

Técnica de nado	Nado crawl	Nado peito
Números de nadadores	8	14
Idade média (anos)	22,87 ± 2,03	22 ± 2,94
Peso (kg)	81,08 ± 8,02	75,08 ± 7,50
Estatuta (cm)	192,24 ± 6,58	178 ± 6,10

cm: centímetro; dados apresentados em média e desvio-padrão; kg: quilogramas.

Desenho experimental

Os testes foram feitos em piscina olímpica com medidas oficiais (50 x 25 metros) e as raias foram dispostas na metragem de 25 metros, foi delimitado um atleta por raia. A piscina usada não tinha aquecimento e nos dias dos testes a temperatura da água foi monitorada com termômetro Kelvin®. O termômetro foi posto na água e a cada 10 minutos verificou-se a temperatura, que oscilou entre 23 a 24°C. A coleta foi feita às 12h30, mesmo horário habitual de treinamento dos atletas. Eles foram instruídos a não fazer qualquer tipo de esforço nas 24 horas antecedentes aos testes. A partir disso, o estudo foi dividido em duas fases: a primeira compreendeu fazer o teste de 200 metros em máxima velocidade, um grupo na técnica do nado crawl e o outro grupo na técnica do nado peito, com o intuito de comparar as FCM obtidas entre as técnicas de nado. A segunda fase consistiu em comparar os valores das FCM obtidas com os valores calculados das 53 equações de predição usadas no presente estudo.

Procedimentos

O teste máximo consistia em nadar 400 metros no nado crawl (exercício prévio de aquecimento), no qual nos 200 primeiros metros os atletas eram orientados a nadar em baixa intensidade e os 200 metros seguintes em intensidade moderada, levou-se em consideração sempre a percepção de esforço individual de cada voluntário, e logo em seguida eram feitos os 200 metros em máxima velocidade, não havia tempo de recuperação entre o aquecimento e o teste propriamente dito. A mesma dinâmica foi usada no teste de peito, em que o aquecimento foi feito no estilo crawl e os 200 metros em máxima velocidade no estilo peito, cada voluntário fez o teste somente uma vez. Tanto o aquecimento quanto a parte principal do teste foram iniciados dentro da piscina (sem largar do bloco de saída).

Nos dois nados usados (crawl e peito), a parte principal foi feita em máxima velocidade, os nadadores foram instruídos a nadar na maior intensidade possível em todos os momentos durante o teste. Nesse sentido, o tempo representou simplesmente uma forma de controle do esforço na distância do teste, uma vez que o primordial para esse estudo foi a resposta cardíaca a esse esforço.

A FC foi monitorada durante o aquecimento e durante o teste, usou-se o transmissor Polar Team2® com registro da FC a cada intervalo de cinco segundos. Foi considerado como FCM o valor mais alto registrado nos últimos 25 metros de cada distância.

Para evitar que o transmissor do monitor cardíaco deslizesse sobre o corpo dos atletas em virtude do contato com a água, usaram-se *tops* de algodão que o cobriam por completo e tinham elástico na parte inferior, a fim de impedir a saída de sua posição inicial (logo abaixo do processo xifoide).

Após a coleta de dados, os resultados foram transferidos para um computador, por meio de um *software* da Polar® para leitura, tabulação e armazenamento em forma de curvas de desempenho (gráficos) e tabela de registros.

Análise estatística

Para verificar a normalidade dos dados foi usado o teste de Shapiro-Wilk e tanto as FCM obtidas quanto as estimadas pelas equações apresentaram distribuição normal ($p > 0,05$). Com o objetivo de comparar a FCM obtida nas duas técnicas de nado, foi aplicado o teste *t* para amostras independentes. Os resultados da FCM foram tabelados e comparados com os valores calculados por meio das 53 equações de predição da FCM encontradas no trabalho de [Marins et al. \(2010\)](#) (Tabela 2), com o uso das idades individuais dos voluntários, por meio do teste *t* pareado. Nos casos em que a FCM estimada e aquela obtida nos testes não apresentaram diferenças significantes, foi feita a análise de concordância de métodos, conforme proposto por [Bland e Altman \(1986\)](#). Os resultados no gráfico foram expressos em média, limite mínimo de concordância e limite máximo de concordância. Na análise dos dados, foi usado o *software* SPSS 20.0, considerou-se um nível de significância de 0,05.

RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta os resultados dos dois testes, segundo os quais não houve diferença estatística entre os resultados do exercício dos nados crawl e peito, compararam-se a FCM e o fator técnica de natação ($p = 0,530$).

Ao comparar o resultado dos testes de nado crawl com o estimado pelas equações, verificou-se que não houve diferença significativa apenas nas equações 7 e 19. Quando se fez o mesmo procedimento para comparar a FCM obtida no nado peito com a estimada pelas equações, verificou-se que não houve diferença significativa apenas nas equações 7, 14, 19 e 35 (Tabela 4).

Para as equações citadas anteriormente, foi feita a análise de concordância de Bland Altman. Os resultados dessa análise evidenciaram que, tanto para o nado crawl quanto para o nado peito, a diferença média entre a FCM obtida no teste de natação e a FCM

Tabela 2. Equações de predição da frequência cardíaca máxima recomendadas por diversos autores.

Equação	Estudo	População	Equação de regressão	N
1	ACSM (1995)#	-	FCM = 210-0,5* idade	-
2	Astrand§	H. A./IM = 50 anos	FCM = 211-0,922* idade	100
3	Astrand#	-	FCM = 216-0,84* idade	-
4	Ball State University†	H	FCM = 214-0,8* idade	-
5	Ball State University#	M	FCM = 209-0,7* idade	-
6	Brick (1995)#	M. A	FCM = 226-idade	-
7	Bruce <i>et al.</i> (1974)#	H. DC/l= 52 anos	FCM = 204-1,07* idade	1295
8	Bruce <i>et al.</i> (1974)#	H. A./ IM = 44 anos	FCM = 210-0,662* idade	2091
9	Cooper#	H. A./ IM = 43 anos	FCM = 217-0,845* idade	2535
10	Ellestad#	H. A./ IM = 42 anos	FCM = 197-0,556* idade	2583
11	Engels (1998) #	H e M	FCM = 213,6-0,65* idade	104 H e 101 M
12	Fernandez (1998) #	H. A.	FCM = 200-0,5* idade	-
13	Fernandez (1998) #	M.	FCM = 210 - idade	-
14	Fernhall <i>et al.</i> (2001) #	Retardo mental/IM = 46	FCM = 189-0,59* idade	276
15	Fernhall <i>et al.</i> (2001) #	H. A.	FCM = 205-0,64 * idade	296
16	Froelicher e Myers (2000) #	H. A./ IM = 38 anos	FCM = 207-0,64* idade	1317
17	Graettinger <i>et al.</i> (1995) #	Hipertensos	FCM = 200-0,71* idade	41
18	Graettinger <i>et al.</i> (1995) #	H. A./ IM = 46 anos	FCM = 199-0,63* idade	114
19	Graettinger <i>et al.</i> (1995) #	Normotensos	FCM = 197-0,63* idade	73
20	Hammond#	H. DC/ IM = 53 anos	FCM = 209-idade	156
21	Hakki (1983) #	H	FCM = 205-0,5* idade	-
22	Hossack e Bruce (1982) #	M A	FCM = 206-0,597* idade	104
23	Hossack e Bruce (1982) #	H A	FCM = 227-1,067* idade	98
24	Inbar <i>et al.</i> (1994) #	H	FCM = 205,8-0,685* idade	1424
25	Jones <i>et al.</i> (1985) §	M. A.	FCM = 202-0,72* idade	100
26	Jones <i>et al.</i> (1975) #	H e M	FCM = 210-0,65* idade	-
27	Jones <i>et al.</i> (1985) #	M A	FCM = 201-0,63* idade	60
28	Citado por Robergs e Landwehr (2002) †	H e M	FCM = 220 - idade	-
29	Lester <i>et al.</i> (1968) #	H e M	FCM = 198-0,41* idade	42
30	Lester <i>et al.</i> (1968) #	H e M / IM=45 anos	FCM = 205-0,41* idade	148
31	Londeree e Moeschberger (1982) #	Desportistas	FCM = 206,3-0,711* idade	-
32	Miller <i>et al.</i> (1993) #	H e M	FCM = 217-0,85* idade	51
33	Miller <i>et al.</i> (1993) #	H peso normal	FCM = 219-0,85* idade	35
34	Miller <i>et al.</i> (1993) #	M peso normal	FCM = 218-0,98* idade	16
35	Morris#	H. DC /IM = 57 anos	FCM = 196-0,9* idade	1388
36	Morris#	H. A./IM = 45 anos	FCM = 200-0,72* idade	244
37	Ricard <i>et al.</i> (1990) #	H e M	FCM = 209-0,587* idade	193
38	Ricard <i>et al.</i> (1990) §	H e M	FCM = 205-0,687* idade	193
39	Robinson†	H. A./IM = 30 anos	FCM = 212-0,775* idade	92
40	Rodeheffer <i>et al.</i> (1984) #	H. A.	FCM = 214-1,02* idade	61
41	Rodeheffer <i>et al.</i> (1984) §	M	FCM = 208,19-0,95* idade	47 H e 14 M
42	Schiller <i>et al.</i> (2001) #	M hispánicas	FCM = 213,7-0,75* idade	53
43	Schiller <i>et al.</i> (2001) #	M caucasianas	FCM = 207-0,62* idade	93
44	Sheffield#	H. DC/IM = 39 anos	FCM = 216-0,88* idade	95
45	Tanaka <i>et al.</i> (1997) #	M treinadas	FCM = 199-0,56* idade	84
46	Tanaka <i>et al.</i> (1997) #	M sedentárias	FCM = 207-0,60* idade	72
47	Tanaka <i>et al.</i> (2001) #	H. sedentários	FCM = 211-0,8* idade	285
48	Tanaka <i>et al.</i> (2001) #	H. treinados	FCM = 207-0,7* idade	-
49	Tanaka <i>et al.</i> (2001) #	H e M Treinados	FCM = 206-0,7* idade	229
50	Tanaka <i>et al.</i> (2001) #	H	FCM = 208,75-0,73* idade	18.712
51	Sheffield (1965)#	-	FCM = 198-0,41* idade	1.256
52	Whaley <i>et al.</i> (1992) #	H	FCM = 213-0,789* idade	754
53	Whaley <i>et al.</i> (1992) #	M	FCM = 208,8-0,723* idade	-

Equações derivadas de exercício de corrida; § Equações derivadas de exercício em cicloergômetro; † Não informado o tipo de exercício que derivou a equação; A = assintomáticos; DC = Doença coronariana; H = Homens; IM = Idade média; M = Mulheres; N = tamanho da amostra. Fonte: Adaptado de Marins *et al.*, 2010b; Marins *et al.* (2010b).

Tabela 3. Frequência cardíaca máxima dos nadadores obtidas nos diferentes testes.

[0,1-4] Nado crawl				[0,5-8] Nado peito			
FCM	DP	Valor máx.	Valor mín.	FCM	DP	Valor máx.	Valor mín.
180,38	3,46	185	175	178,93	7,12	190	167

DP: desvio-padrão; FCM: frequência cardíaca máxima; máx.: máximo; mín.: mínimo.

estimada pelas respectivas equações foi relativamente pequena (entre $-2,91$ e $4,21$ bpm, [Figuras 1 e 2](#)).

Apesar de a FCM obtida nos testes ter apresentado diferenças significantes com a FCM estimada pela equação 28 ($FCM = 220 - idade$, [Robergs e Landwehr, 2002](#)), especialmente nesse caso foi feita uma análise de concordância de Bland Altman. Isso ocorreu devido ao elevado uso dessa equação. Assim, esta análise teve o intuito de evidenciar as diferenças entre a FCM obtida em teste e a estimada por essa equação ([Figura 3](#)).

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi comparar a FCM obtida nos nados crawl e peito em atletas do sexo masculino, além de comparar os valores da FCM obtidos com os calculados por diferentes equações de predição. Os resultados sugerem que não há diferença da FCM entre as diferentes técnicas de nado analisadas, uma vez que não foi encontrada diferença significativa. Foi observado estatisticamente nas análises de comparação que as equações 7 e 19 podem ser usadas para a determinação da FCM do nado crawl e para o nado peito as equações 7, 14 ([Fernhall et al., 2001](#)), 19 e 35 ([Morris](#)) se mostraram adequadas.

Cada modalidade de nado tem características técnicas próprias e isso tem influência sobre o gasto energético entre elas, o nado peito gera maior gasto energético do que o crawl. Um exemplo disso é a grande variação intraciclo da velocidade que ocorre no nado peito, com fases de aceleração e desaceleração. Já o nado crawl tem uma maior frequência de braçadas e pernadas e, assim, menor variação intraciclo ([Caputo et al., 2006](#)). Apesar das diferenças no gasto energético e na biomecânica entre os dois estilos de nado, não foi possível identificar diferenças na FCM entre o nado crawl e peito ([Tabela 3](#)). A técnica do movimento de cada nado implica mobilização de grupos musculares distintos. [Maglischo \(2010\)](#) ressaltou a importância da pernada na propulsão no nado peito, em que a participação dos membros inferiores representa cerca de 60% da propulsão total do nado completo. Em contrapartida, no nado crawl cerca de 70% da propulsão é imposta pelos membros superiores. Assim, e tendo em vista os resultados deste estudo, acredita-se que a fadiga central gerada pelo exercício de natação de forma máxima é extremamente

intensa e faz que o atleta atinja valores elevados de FCM, independentemente da predominância de membros, que está mais relacionada a uma fadiga periférica.

Os valores de FCM obtidos em ambos os estilos de natação ([Tabela 3](#)) coincidem com os de outros estudos ([Cielo et al., 2007](#); [Keskinen et al., 2007](#); [Scolfaro et al., 1998](#)) também feitos em ambientes aquáticos. Porém, ao comparar a FCM obtidas com as de outras investigações feitas com exercício de corrida ([Cerqueira et al., 2012](#); [Cerqueira et al., 2010](#); [Makkai et al., 2008](#); [Marins e Fernandez, 2007](#)) de população que apresentou perfil etário semelhante, observou-se que os valores obtidos no presente estudo foram sempre inferiores, reforçou-se a existência de resposta bradicárdica também na FCM influenciada pelo ambiente aquático. Essa resposta reforça a ideia de que equações de predição de FCM proposta para exercícios em ambiente terrestre provavelmente não sejam adequadas para prescrição de exercícios de natação.

De uma maneira geral, a menor FCM encontrada na natação pode ocorrer pela posição do corpo (em decúbito), pois ocorre compensação ao volume sistólico referente a essa posição. Além disso, a profundidade de imersão está diretamente relacionada ao aumento da pressão hidrostática, que aumenta o retorno venoso, os barorreceptores estimulam o aumento de volume do enchimento cardíaco, além do volume de ejeção por contração, e reduz-se a FC. Esse processo também é conhecido por reflexo de mergulho ([Candeloro e Caromano, 2008](#)). A temperatura da água também pode influenciar a FC. [Craig e Dvorak \(1966\)](#) chegaram à conclusão de que o simples fato de ficar na posição vertical em ambiente aquático com temperatura inferior a 35° centígrados já é suficiente para redução da FC. Isso porque a junção entre pressão hidrostática e vasoconstrição periférica seria responsável pelo maior volume central de sangue e também pelo retorno venoso, resultaria em maior ejeção sistólica, o que explica a bradicardia ([Graef et al., 2005](#)). Na maioria dos estudos é encontrada diminuição entre 12 a 15 batimentos por minuto, quando se compara a natação com exercícios terrestres ([Graef e Kruehl, 2006](#)).

Analisando as equações de predição, tanto para o nado crawl quanto para o nado peito, as análises de Bland Altman apresentaram diferenças próximas

Tabela 4. Resultado da comparação entre frequência cardíaca máxima obtida nos nados crawl e peito e estimada por diferentes equações.

[1,0] Equação	[0,2-5] Nado crawl				[0,6-9] Nado peito			
	FCM _{obt}	FCM _{estimada}	ΔFCM	p-valor	FCM _{obt}	FCM _{estimada}	ΔFCM	p-valor
1	180,38±3,46	198,56±1,02	18,18	<0,001	178,93±7,12	199±1,47	20,07	<0,001
2		189,91±1,87	9,53	<0,001		190,72±2,71	11,79	<0,001
3		196,79±1,71	16,41	<0,001		197,52±2,47	18,59	<0,001
4		±1,62195,7	15,32	<0,001		196,4±2,35	17,47	<0,001
5		192,99±1,42	12,61	<0,001		193,6±2,05	14,67	<0,001
6		203,13±2,03	22,75	<0,001		204±2,94	25,07	<0,001
7		179,53±2,17	-0,85	0,384a		180,46±3,14	1,53	0,472a
8		194,86±1,34	14,48	<0,001		195,44±1,94	16,51	<0,001
9		197,67±1,72	17,29	<0,001		198,41±2,48	19,48	<0,001
10		184,28±1,13	3,9	0,006		184,77±1,63	5,84	0,01
11		198,73±1,32	18,35	<0,001		199,3±1,91	20,37	<0,001
12		188,56±1,02	8,18	<0,001		189±1,47	10,07	<0,001
13		187,13±2,03	6,75	<0,001		188±2,94	9,07	0,001
14		175,5±1,20	-4,88	0,002		176,02±1,73	-2,91	0,160a
15		190,36±1,30	9,98	<0,001		190,92±1,88	11,99	<0,001
16		192,36±1,30	11,98	<0,001		192,92±1,88	13,99	<0,001
17		183,76±1,44	3,38	0,01		184,38±2,08	5,45	0,016
18		184,59±1,28	4,21	0,004		185,14±1,85	6,21	0,007
19		182,59±1,28	2,21	0,059a		183,14±1,85	4,21	0,051a
20		186,13±2,03	5,75	<0,001		187±2,94	8,07	0,002
21		193,56±1,02	13,18	<0,001		194±1,47	15,07	<0,001
22		192,34±1,21	11,96	<0,001		192,87±1,75	13,94	<0,001
23		202,59±2,17	22,21	<0,001		203,53±3,13	24,6	<0,001
24		190,13±1,39	9,75	<0,001		190,73±2,01	11,8	<0,001
25		185,53±1,46	5,15	0,001		186,16±2,11	7,23	0,003
26		195,13±1,32	14,75	<0,001		195,7±1,91	16,77	<0,001
27		186,59±1,28	6,21	<0,001		187,14±1,85	8,21	0,001
28		197,13±2,03	16,75	<0,001		198±2,94	19,07	<0,001
29		188,62±0,83	8,24	<0,001		188,98±1,20	10,05	<0,001
30		195,62±0,83	15,24	<0,001		195,98±1,20	17,05	<0,001
31		190,04±1,44	9,66	<0,001		190,66±2,09	11,73	<0,001
32		197,56±1,73	17,18	<0,001		198,3±2,49	19,37	<0,001
33		199,56±1,73	19,18	<0,001		200,3±2,49	21,37	<0,001
34		195,58±1,99	15,2	<0,001		196,44±2,88	17,51	<0,001
35		175,41±1,83	-4,97	0,001		176,2±2,64	-2,73	0,200*
36		183,53±1,46	3,15	0,014		184,16±2,11	5,23	0,02
37		195,57±1,19	15,19	<0,001		196,09±1,72	17,16	<0,001
38		189,28±1,40	8,9	<0,001		189,89±2,02	10,96	<0,001
39		194,27±1,57	-13,89	<0,001		194,95±2,27	16,02	<0,001
40		190,67±2,07	-10,29	<0,001		191,56±2,99	12,63	<0,001
41		186,46±1,93	6,08	<0,001		187,29±2,79	8,36	0,001
42		196,54±1,52	16,16	<0,001		197,2±2,20	18,27	<0,001
43		192,82±1,26	12,44	<0,001		193,36±1,82	14,43	<0,001
44		195,87±1,79	15,49	<0,001		196,64±2,58	17,71	<0,001
45		186,19±1,14	5,81	0,001		186,68±1,64	7,75	0,002
46		193,28±1,22	12,9	<0,001		193,8±1,76	14,87	<0,001
47		192,7±1,62	12,32	<0,001		193,4±2,35	14,47	<0,001
48		190,99±1,42	10,61	<0,001		191,6±2,05	12,67	<0,001
49		189,99±1,42	9,61	<0,001		190,3±2,05	11,37	<0,001
50		192,05±1,48	11,67	<0,001		192,69±2,14	13,76	<0,001
51		188,62±0,83	8,24	<0,001		188,98±1,20	10,05	<0,001
52		194,95±1,60	14,57	<0,001		195,64±2,32	16,71	<0,001
53		192,26±1,47	11,88	<0,001		192,89±2,12	13,96	<0,001

ΔFCM = diferença entre os valores de frequência cardíaca máxima estimada menos o valor de frequência cardíaca máxima obtida; FCM_{estimada} = Frequência cardíaca máxima estimada; FCM_{obt} = Frequência cardíaca máxima obtida.^a Valores de p maiores do que 0,05.

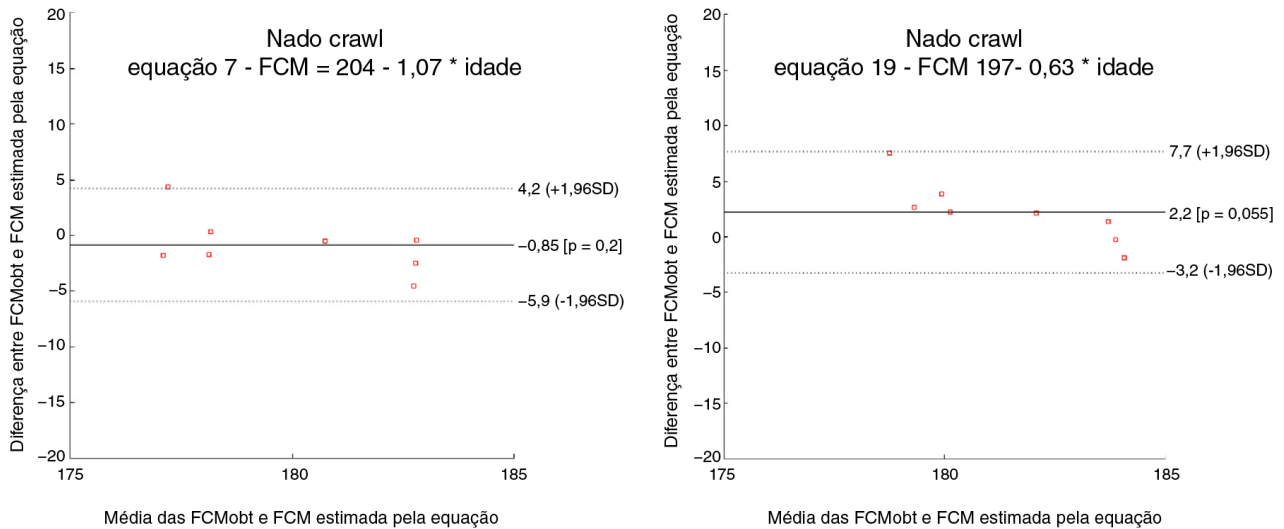


Figura 1. Plotagem de Bland-Altman dos limites de concordância entre os valores de frequência cardíaca máxima obtida no nado crawl e estimada por diferentes equações. A diferença média é representada pela linha contínua e os limites de concordância, pelas linhas pontilhadas. FCM = frequência cardíaca máxima; FCMobt = frequência cardíaca máxima obtida; SD = desvio-padrão.

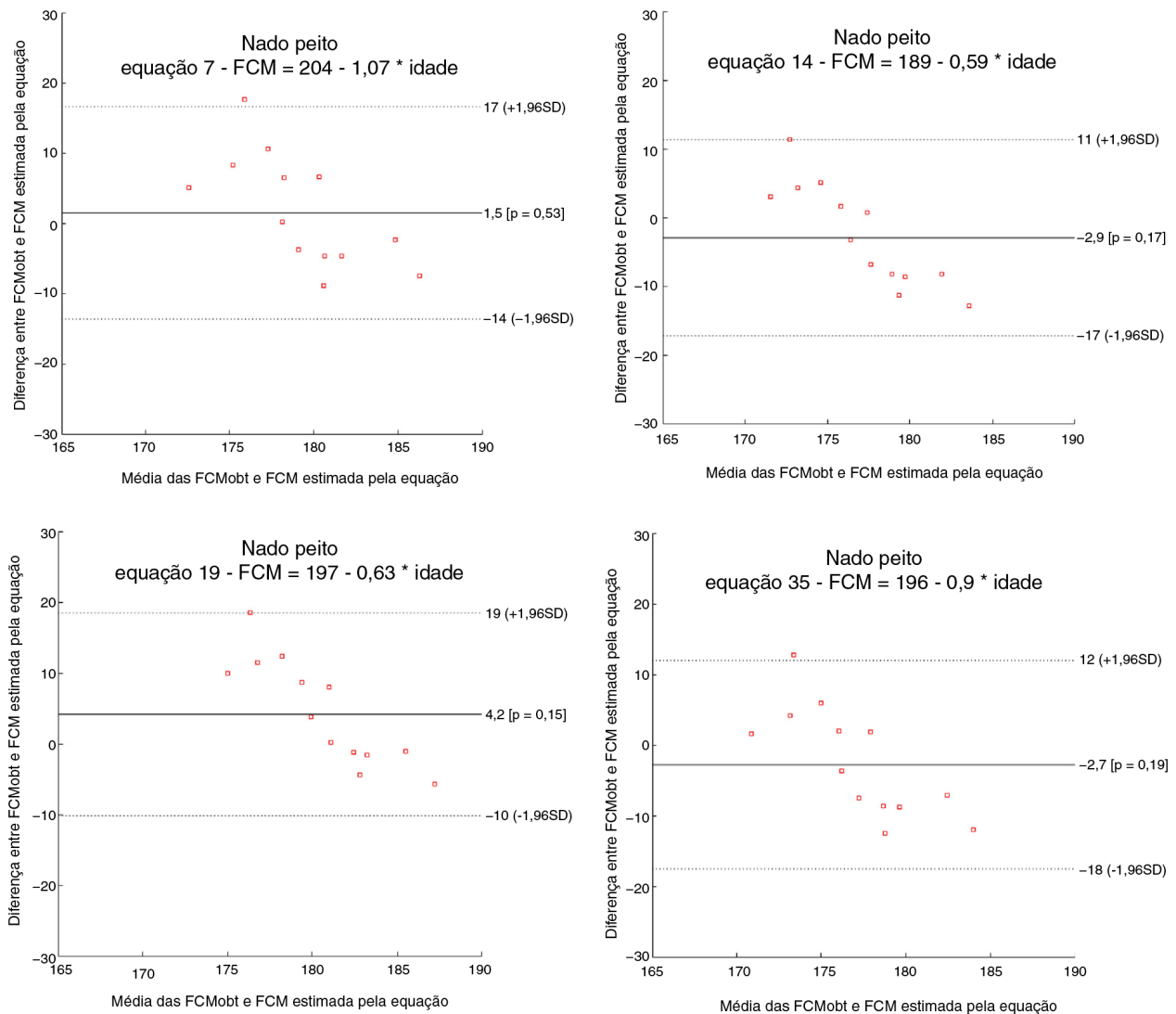


Figura 2. Plotagem de Bland-Altman dos limites de concordância entre os valores de frequência cardíaca máxima obtida no nado peito e estimada por diferentes equações. A diferença média é representada pela linha contínua e os limites de concordância, pelas linhas pontilhadas. FCM = frequência cardíaca máxima; FCMobt = frequência cardíaca máxima obtida; SD = desvio-padrão.

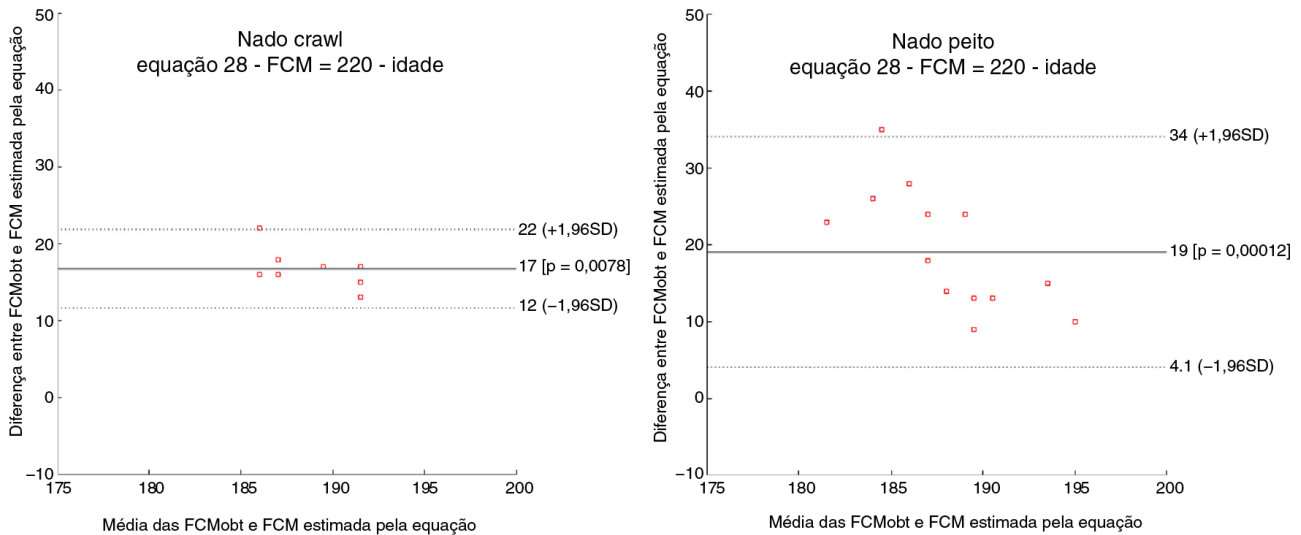


Figura 3. Plotagem de Bland-Altman dos limites de concordância entre os valores de frequência cardíaca máxima obtida nos testes, do nado crawl e nado peito, e estimada pela equação $FCM = 220 - idade$. A diferença média é representada pela linha contínua e os limites de concordância, pelas linhas pontilhadas. FCM = frequência cardíaca máxima; FCMobt = frequência cardíaca máxima obtida; SD = desvio-padrão.

a zero e não significantes. Porém, ao observar os limites de concordância, podemos perceber que nas equações do nado peito eles são muito altos, ultrapassam 10 bpm. A concordância das equações no nado crawl foram melhores, com limites menores do que 6 bpm. Os limites de concordância representam a máxima diferença permitida entre os métodos (Giavarina *et al.*, 2015) e, de um ponto de vista de aplicação prática, as equações para o nado peito podem ser consideradas não aceitáveis. Apenas as equações de Bruce *et al.* (1974) e Graettinger *et al.* (1995) forneceram resultados similares para as duas técnicas de nado. Como a primeira equação foi a que apresentou menor viés, para ambos os nados, ela poderia ser uma opção para determinação da FCM de nadadores universitários, quando não for possível fazer os testes máximos. Entretanto, essa variação acima de 10 bpm pode gerar grandes erros de valores de FCM caso sejam usadas as equações para o nado peito.

Dessa forma, os resultados permitem sugerir o uso da equação de Bruce *et al.* (1974) ($FCM = 204 - 1,07 \times idade$) para estimar a FCM, no nado crawl, de pessoas já adaptadas a treinos de natação e com o domínio da técnica. É claro na literatura que vários fatores podem gerar valores distintos de FC, como, por exemplo, nadadores, que apresentam bradicardias resultantes de adaptação ao treinamento e hipertrofia cardíaca, a posição corporal e o próprio ambiente aquático que efetuam modulações distintas da FCM na natação, diferem de outros esportes, como o ciclismo e corrida (Graef e Kruel, 2006). Assim, a igualdade estatística demonstrada por essa equação e os resultados de FCM podem ser da mesma proporção quando comparados

com uma população de forma geral. No entanto, cada avaliado tem sua individualidade biológica e deve ter sua FCM obtida em teste.

Usualmente se usa a equação citada por Robergs e Landwehr (2002) ($FCM = 220 - idade$) para calcular a intensidade de treinamento em várias formas de exercício. Contudo, neste estudo o emprego dessa equação para estimar a FCM no estilo crawl ou peito em nadadores universitários foi totalmente inadequado (Figura 3). Isso reforça a proposta de que não se deve considerar uma equação única de forma universal como usualmente é feito com a equação $FCM = 220 - idade$, já que uma série de fatores influenciam a resposta da FCM, assim como o tipo de exercício (Fernhall *et al.*, 2001; Astrand *et al.*, 1997; Londeree e Moeschberger, 1982). Outros estudos buscaram estabelecer equações de estimativa da FCM mais adequadas para determinadas condições, como testes de campo e testes em esteira ergométrica (Cerqueira *et al.*, 2010; Marins e Fernandez, 2007; Fernhall *et al.*, 2001; Marins *et al.*, 2010b), foram propostas equações diferentes das que foram indicadas neste estudo, o que reforça que para cada situação de avaliação do atleta pode haver equações mais adequadas.

Há a necessidade de feitura de estudos com diferentes graus de treinamento, especificidade de provas e uso de outras técnicas de nado, como borboleta e costas. Dessa forma, ampliando a amostra e o nível dos nadadores, há a possibilidade de construção de equações específicas. No entanto, sempre que estejam preservadas as condições de segurança no ambiente de avaliação, recomenda-se o uso de testes máximos específicos para a modalidade, por ser fundamental quando se objetiva obter

uma FCM mais próxima da real. Isso proporcionará maior exatidão na prescrição do exercício. Assim, é recomendado o uso de equações específicas quando não é seguro obter a FCM em testes progressivos, como no caso de idosos, gestantes ou em caso de patologias cardiovasculares, neuromusculares ou de outra natureza que impossibilitem o avaliado de fazer grandes esforços.

Para um treinador, é importante identificar a FCM do atleta dentro da sessão de treino. Com a posse desses dados, juntamente com os de FC de repouso, eles passam a ter controle mais apurado da intensidade da sessão com o uso do método da FC de reserva proposto por [Karvonen et al. \(1957\)](#). Desse modo, é possível verificar se a zona de trabalho em que o nadador se encontra é realmente a solicitada em determinado momento. Além disso, outra aplicação seria o controle do consumo energético estimado a partir da FC ([Marins et al., 2010a](#)). A partir desses dados, é possível também prever um gasto calórico aproximado daquela sessão, o que facilita o cálculo da reposição energética, informação importante para o nutricionista que visa a compor uma dieta equilibrada tanto no aspecto quantitativo, a exemplo do equilíbrio calórico, quanto qualitativo.

Uma das limitações deste estudo recai no fato de que a amostra era relativamente pequena, o que não permite a inclusão do coeficiente de determinação para a comparação das FCM obtidas e estimadas. Além disso, os nadadores avaliados tinham características limitadas, ou seja, eram nadadores universitários, razão pela qual não é possível transferir esses achados para nadadores de alto nível, já que adaptações específicas do sistema cardiovascular, resistência muscular localizada e técnica de nado poderiam afetar os resultados da FCM obtida e, conseqüentemente, das equações selecionadas. Outras limitações foram a não coleta de amostras sanguíneas de lactato ou de análise de gases respiratórios, o que poderia confirmar a condição máxima em que foram feitos os testes.

CONCLUSÃO

Considerando a amostra estudada, as técnicas adotadas (crawl vs. peito) não diferiram na resposta da FCM. Na impossibilidade de feitura do teste máximo, apenas para o nado crawl são indicadas equações de predição para a estimativa da FCM de nadadores universitários, uma vez que os limites de concordância encontrados no nado peito podem gerar grandes erros de valores de FCM caso sejam usadas as equações.

Dentre as equações, recomenda-se o uso da de [Bruce et al.](#) ($FCM = 204 - 1,07 \times idade$) para a estimativa da FCM de nadadores universitários no nado crawl.

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

- Astrand PO, Bergh U, Kilbom A. A 33-yr follow-up of peak oxygen uptake and related variables of former physical education students. *J Applied Physiol* 1997;82(6):1844-52.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986;1(8476):307-10.
- Candelero JM, Caromano FA. Efeitos de um programa de hidroterapia na pressão arterial e frequência cardíaca de mulheres idosas sedentárias. *Fisioterapia e Pesquisa* 2008;15(1):26-32.
- Caputo F, Oliveira MFM, Denadai BS, Greco CC. Fatores intrínsecos do custo energético da locomoção durante a natação. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12(6):399-404.
- Cerqueira MC, Tucher G, Marins JCB. Comparação da frequência cardíaca máxima obtida nos testes de campo de 2400 m de Cooper e de 3200 m de Weltman com a estimada por equações em homens saudáveis. *Rev. Soc. Cardiol. Estado de São Paulo* 2010;20(1):29-34.
- Cerqueira MC, Primo P, Ferreira EL, Fernandes SAT, Marins JCB. Comparação da frequência cardíaca máxima obtida em testes de esteira e de campo em homens saudáveis. *Braz J Biomotricity* 2012;6(1):18-24.
- Cielo FMBL, Neto JB, Curi R, Pelegrinoti IL, Cielo CA, Pithon-Curi TC. Avaliação da glicemia, lactato plasmático e frequência cardíaca em nadadoras de 13 a 16 anos de idade após esforços máximos de 100 e 200 metros nado crawl. *Rev bras ciênc mov* 2007;15(1):37-44.
- Craig AB, Dvorak M. Thermal regulation during water immersion. *J Appl Physiol* 1966;5:1577-85.
- da Silva NAG, Viana EC, da Silva KRR. Comparação do treinamento cardiovascular aeróbico em esteira ergométrica dentro e fora da água. *Perspectivas* 2014;4(13):2007-10.
- DiCarlo LJ, Sparling PB, Millard-Stafford ML, Rupp JC. Peak heart rates during maximal running and swimming: implications for exercise prescription. *Int J Sports Med* 1991;12(3):309-12.
- di Masi F, Silveira A, de Lima CGV, Costa S, Borba-Pinheiro CJ, Helena L, et al. Frequência cardíaca durante exercício de cama elástica na terra e água. *RBPPEX* 2016;10(58):240-6.
- Esteves LMZS, Simões H, Oliveira SMLD, Cunha VNDC, Coelho JMDO, Botelho NW, et al. Swimming post-exercise cardiovascular responses. *Rev Bras Med Esporte* 2010;16(6):418-21.
- Fernhall B, McCubbin JA, Pitetti KH, Rintala P, Rimmer JH, Millar AL, et al. Prediction of maximal heart rate in individuals with mental retardation. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(10): 1655-60.
- Giavarina D. Understanding Bland Altman analysis. *Biochem Med* 2015;25(2):141-51.

- Graef F, Tartaruga L, Alberton C, Kruel L. Frequência cardíaca em homens imersos em diferentes temperaturas de água. *Rev Port Ciênc Desporto* 2005;3(1):266-73.
- Graef FI, Kruel LFM. Frequência 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(4):221-8.
- Holmer I. Physiology of swimming man. *Acta Physiol Scand Suppl* 1974:407.
- Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn* 1957;35(3):307-15.
- Keskinen OP, Keskinen KL, Mero AA. Effect of pool length on blood lactate, heart rate, and velocity in swimming. *Int J Sports Med* 2007;28(5):407-13.
- Londeree BR, Moeschberger ML. Effect of age and other factors on maximal heart rate. *Res Q Exerc Sport* 1982;53(4):297-304.
- Maglischo EW. *Nadando o mais rápido possível*. 3ª ed São Paulo: Manole; 2010. p. 716.
- Makkai L, Alexandrino DFL, Altoe JL, Lima CL, Marins JCB. Análise comparativa de testes laboratoriais de esteira e de campo para determinar a frequência cardíaca máxima e o consumo máximo de oxigênio em mulheres saudáveis. *Rev Bras Fisiol Exerc* 2008;7:67-73.
- Marins JCB, Fernandez MD. Empleo de ecuaciones para predecir la frecuencia cardiaca máxima en carrera para jóvenes deportistas. *Arch Med Deporte* 2007;24:112-20.
- Marins JCB, Silva CD, Braga MO, Cerqueira MS, Bandeira FC. Frecuencia cardíaca máxima obtenida y predicha: estudio retrospectivo en brasileños. *Rev Andal Med Deporte* 2010a;3(4):146-52.
- Marins JCB, Marins NMO, Fernandez MD. Aplicaciones de la frecuencia cardiaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. *Apunts Med Esport* 2010b;45(168):251-8.
- MHA. Michigan Heart Association. Risko. *Lancet* 1973; 2(7823): 243-244.
- Morais JE, Costa MJ, Mejias EJ, Marinho Da, Silva AJ, Barbosa TM. Morphometric study for estimation and validation of trunk transverse surface area to assess human drag force on water. *J Hum Kinetics* 2011;28:5-13.
- Olkoski MM, da Silva Lopes A. Comportamento da frequência cardíaca em imersão nas situações de repouso e durante exercícios de hidroginástica. *Fisioter. mov* 2013;26.(3).
- 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(2):420-6.
- Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the "HRmax=220- age" equation. *J Exerc Physiol* 2002;5:1-10.
- Santos AL, Silva SC, Farinatti PTV, Monteiro WD. Respostas de frequência cardíaca máxima de pico em testes máximos de campo e laboratório. *Rev Bras Med Esporte* 2005;11(3): 177-81.
- Scolfaro LB, Marins JCB, Regazzi AJ. Estudo Comparativo da Frequência Cardíaca Máxima em Três Modalidades Cíclicas. *Rev Educ Fis* 1998;12(1):44-54.
- Shephard RJ. P.A.R.Q. Canadian Home Fitness Test and exercise screening alternatives. *Sports Med* 1988;5(3): 185-95.
- West NH, McCulloch PF, Browne PM. Facial immersion bradycardia in teenagers and adults accustomed to swimming. *Auton Neurosci* 2001;94(1-2):109-16.