



# Frequência cardíaca e percepção subjetiva do esforço no meio aquático: diferenças em relação ao meio terrestre e aplicações na prescrição do exercício – uma revisão\*

Fabiane Inês Graef e Luiz Fernando Martins Kruel

## RESUMO

A intensidade na qual o esforço é realizado constitui um aspecto fundamental na elaboração e no controle de qualquer programa de exercícios. Atividades conduzidas nos meios terrestre e aquático apresentam especificidades distintas; aspectos como volume do corpo imerso, posição corporal e temperatura da água levam o organismo a condições diferenciadas daquelas observadas no meio terrestre, assim influenciando os indicadores de intensidade do esforço. Considerando que frequência cardíaca e percepção subjetiva do esforço são os indicadores mais utilizados no controle da intensidade do esforço em exercícios aquáticos, a presente revisão objetiva analisar as principais alterações que ocorrem nessas variáveis em condição de imersão, comparando com o meio terrestre, bem como as implicações dessas alterações na prescrição do exercício. Para tanto, são apresentadas as principais alterações decorrentes de situações de repouso e exercício, na corrida e no ciclismo aquáticos, na hidroginástica e na natação. Por fim, são tecidas algumas considerações acerca das implicações dessas alterações na prescrição do exercício, bem como algumas estratégias para utilização dessas variáveis em sessões de exercícios no meio aquático. Em relação à frequência cardíaca, pode-se concluir que ocorre redução nos batimentos cardíacos durante a imersão, influenciada pela temperatura da água, pela profundidade de imersão, pela ausência ou presença de esforço, pelo tipo e intensidade do exercício. Tal redução deve ser considerada ao utilizar esse indicador de intensidade do esforço no meio aquático. Quanto à percepção subjetiva do esforço, a escala de Borg parece ser uma opção adequada para o controle da intensidade de exercícios aquáticos, considerando-se as recomendações inerentes a sua aplicação.

## ABSTRACT

### **Heart rate and perceived exertion at aquatic environment: differences in relation to land environment and applications for exercise prescription – a review**

*The intensity in which effort is expended is essential to the elaboration and control of any exercise program. Whether an activity is performed on land or in water makes a whole difference, because aspects such as volume of immersed body, body position and water temperature result in body conditions different from those seen on land exercise and, thus, influence indicators of the intensity of effort. Considering that heart rate and perceived effort are*

**Palavras-chave:** Frequência cardíaca. Esforço percebido. Imersão. Exercício.

**Keywords:** Heart rate. Perceived exertion. Immersion. Exercise.

**Palabras-clave:** Frecuencia cardiaca. Esfuerzo percibido. Buceo. Ejercicio.

*the most frequently used indicators for the control of the intensity of effort in water exercises, the present review aims at analyzing the main changes that take place in those variables in immersion, comparing to land conditions, as well as the implications of these changes in the prescription of exercise. Therefore, the main changes resulting from situations of rest and exercise, in running and water biking, in water gym and swimming are described herein. Finally, some light is shed on the implications of these changes in the prescription of exercise, as well as on some strategies for the use of these variables in exercise performed in water. In relation to heart rate, one can conclude that occurs a reduction in heart beats during immersion, influenced by water temperature, immersion depth, absence or presence of effort, type and intensity of the exercise. Such reduction should be considered when using this indicator of intensity of effort in water. In relation to perceived exertion, Borg's scale seems to be a suitable option to control water exercises intensity, being considered its application recommendations.*

## RESUMEN

### **Frecuencia cardíaca y percepción subjetiva del esfuerzo en el medio acuático: diferencias en relación al medio terrestre y aplicaciones en la prescripción del ejercicio – una revisión**

*La intensidad en que el esfuerzo es realizado constituye un aspecto fundamental en la elaboración y en el control de cualquier programa de ejercicios. Actividades conducidas en medios terrestres y acuáticos presentan especificidades distintas, siendo que aspectos como volumen del cuerpo sumergido, posición corporal y temperatura del agua llevan al organismo a condiciones diferenciadas de aquellas observadas en el medio terrestre, influenciando de este modo los indicadores de intensidad del esfuerzo. Considerando que frecuencia cardíaca y percepción subjetiva del esfuerzo son los indicadores más utilizados en el control de la intensidad del esfuerzo en ejercicios acuáticos, la presente revisión tiene por objetivo analizar las principales alteraciones que ocurre en estas variables en condiciones de sumergimiento, comparando con el medio terrestre, así como las implicaciones de esas alteraciones en la prescripción del ejercicio. Para tal fin, son presentadas las principales alteraciones que discurren de situaciones de reposo y ejercicio, en la carrera y en el ciclismo acuáticos, en la hidrogimnasia y en la natación. Finalmente, se hilan algunas consideraciones acerca de las implicaciones de estas alteraciones en la prescripción del ejercicio, como también algunas estrategias para la utilización de estas variables en sesiones de ejercicios en medios acuáticos. En relación a la frecuencia cardíaca, se puede concluir que ocurre una reducción en los latidos cardíacos cuando están sumergidos, influenciada por la temperatura del agua, por la profundidad a la que se sumergen, por la ausencia o presencia del*

\* Laboratório de Pesquisa do Exercício – LAPEX/Grupo de Pesquisa em Atividades Aquáticas – GPAA, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS.

Recebido em 27/7/05. Versão final recebida em 1/11/05. Aceito em 24/4/06.

**Endereço para correspondência:** Fabiane Inês Graef, Grupo de Pesquisa em Atividades Aquáticas – Laboratório de Pesquisa do Exercício – Escola de Educação Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rua Felizardo, 750, Bairro Jardim Botânico – 90610 – Porto Alegre, RS. E-mail: fabianegraef@gmail.com

esfuerzo, por el tipo e intensidad del ejercicio. Tal reducción debe de ser considerada a utilizar este indicador de intensidad de esfuerzo en el medio acuático. Respecto a la percepción subjetiva del esfuerzo, la escala de Borg parece ser una opción adecuada para el control de la intensidad de los ejercicios acuáticos, llevándose en cuenta las recomendaciones inherentes a su aplicación.

## INTRODUÇÃO

Ao elaborar um programa de exercícios, os componentes essenciais da prescrição incluem a seleção da modalidade, a intensidade do esforço, a duração da atividade e a frequência semanal em que a mesma é conduzida. Esses componentes são aplicados ao desenvolver prescrições para indivíduos de diferentes idades e capacidades funcionais, independentemente da existência ou ausência de fatores de risco e doença<sup>(1)</sup>. Assim, o dimensionamento da intensidade adequada de esforço constitui um aspecto de grande importância na organização de uma sessão de exercícios.

Diversos indicadores fisiológicos podem ser usados para quantificar a intensidade do esforço, em atividades realizadas tanto dentro como fora do ambiente aquático. Entre eles pode-se citar a frequência cardíaca (FC), o consumo de oxigênio ( $\dot{V}O_2$ ), a percepção subjetiva do esforço (PSE) e os limiares ventilatório e de lactato. No meio terrestre, tais indicadores foram bastante estudados. Todavia, ao estabelecer comparações com o meio aquático, percebe-se que a prática de exercícios resulta em respostas diferenciadas nos distintos meios<sup>(2-4)</sup>. Esse é um aspecto fundamental para os profissionais que atuam com a prescrição de exercícios na água, pois tais diferenças influenciam na determinação da intensidade do esforço, que, por sua vez, afeta todos os outros componentes da prescrição.

Devido ao alto grau de especificidade das atividades conduzidas no meio aquático, controlar a intensidade do esforço por meio de simples extrapolações dos indicadores fisiológicos obtidos em terra para a condição aquática pode levar a erros grosseiros de prescrição<sup>(5,6)</sup>.

Dentre os indicadores de intensidade do esforço, a FC e a PSE são os mais práticos e de baixo custo. Talvez, por esse motivo, eles sejam mais utilizados pelos profissionais que prescrevem exercícios no meio aquático. No entanto, a imersão, a temperatura da água e as diferentes posições corporais adotadas podem afetar o comportamento desses indicadores de intensidade do esforço durante a execução dos exercícios, ou mesmo em sua recuperação<sup>(7-9)</sup>. O objetivo do presente estudo é realizar uma revisão da literatura sobre as principais alterações que ocorrem na FC e PSE em condição de imersão no meio aquático, comparando com o meio terrestre e analisando as implicações dessas alterações na prescrição do exercício.

## FREQÜÊNCIA CARDÍACA

A FC é uma das variáveis mais utilizadas no controle da intensidade do esforço. Pode-se dizer que isso ocorre, principalmente, devido à facilidade para realizar sua medida, o que a torna bastante prática, bem como a sua relação com o  $\dot{V}O_2$  em determinada faixa de esforço. Mas o comportamento da FC apresenta-se diferenciado em função do tipo ou intensidade do exercício realizado no meio terrestre ou aquático<sup>(2)</sup>. Em situação de repouso ou exercício no meio aquático, as alterações encontradas na FC são influenciadas por fatores como a posição do corpo, a profundidade de imersão, a temperatura da água, a FC de repouso, a diminuição do peso hidrostático<sup>(9)</sup>. A maior parcela dos estudos encontrados na literatura aponta para a existência de diminuição na FC durante a imersão<sup>(2,4,5,9-28)</sup>. Como afirmam Paulev e Hansen<sup>(29)</sup>, a bradicardia decorrente da imersão é amplamente aceita, mesmo havendo discordância acerca da origem, consistência e grau de diminuição dessa alteração fisiológica.

## Natação

Muitos estudos comparativos entre corrida/caminhada na esteira fora d'água e natação já foram realizados, sendo pioneiros em demonstrar a ocorrência de diminuição nos batimentos cardíacos devida à imersão<sup>(10-12,14,15,19,24)</sup>. Magel e Faulkner<sup>(10)</sup> utilizaram o nado atado e relataram diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) na  $FC_{máx}$  aquática, com diferença de 12bpm. McArdle *et al.*<sup>(11)</sup> compararam natação e caminhada na esteira, concluindo que, para diferentes níveis submáximos de  $\dot{V}O_2$ , a FC média em ambiente aquático mostrou-se estatisticamente diferente ( $p < 0,05$ ) da FC média em terra, com valores de 9 a 13bpm inferiores. No mesmo experimento, a  $FC_{máx}$  obtida na natação também mostrou-se estatisticamente diferente ( $p < 0,01$ ) da  $FC_{máx}$  obtida na caminhada, sendo em média 22bpm inferior. Dixon e Faulkner<sup>(12)</sup> compararam corrida na esteira e nado atado, encontrando valores máximos de FC na natação reduzidos em 12 batimentos (para os atletas) ou em 20 batimentos (para os não-atletas). Holmér *et al.*<sup>(14)</sup> realizaram testes de esforço máximo na corrida em esteira e na natação em piscina de fluxo (*swimming flume*), relatando valores de  $FC_{máx}$  em média, 15bpm menores ( $p < 0,01$ ) na água. Outro estudo de Holmér *et al.*<sup>(15)</sup> envolvendo testes submáximos e máximos na corrida em esteira e no *swimming flume* mostraram que a FC na natação foi 12bpm mais baixa ( $p < 0,05$ ) do que na corrida, tanto nos testes submáximos quanto nos máximos.

Vilas-Boas<sup>(19)</sup> comparou a  $FC_{máx}$  na natação e na corrida em esteira. Revelou que os valores da natação foram inferiores aos da corrida, sendo a diferença menor entre as mulheres. O valor médio da  $FC_{máx}$  na natação foi 7bpm inferior ( $p < 0,05$ ) ao valor na corrida em esteira. Para os homens, a diferença correspondeu a 12bpm e para as mulheres, a 2bpm. Em pesquisa relacionando a  $FC_{máx}$  na corrida, natação e bicicleta ergométrica, Scalfaro *et al.*<sup>(24)</sup> verificaram que a diminuição na FC durante a natação representou 15bpm para os homens e 14bpm para as mulheres, em comparação com a corrida. Em relação ao ciclismo, a redução dos batimentos cardíacos na natação representou 3bpm para os homens, não sendo relatada para as mulheres. Segundo os autores, os valores inferiores no ciclismo em relação à corrida devem-se às diferenças na resistência ao deslocamento da massa corporal. Assim, embora o deslocamento da massa corporal existente na natação e na corrida as tornem similares, e diferentes do ciclismo, as implicações advindas da posição do corpo e do ambiente exercem maior influência, diferenciando a natação das demais modalidades estudadas.

De forma geral, a FC durante a natação mostra-se significativamente reduzida como compensação ao maior volume sistólico ocasionado pela posição corporal de decúbito<sup>(12)</sup>. De acordo com os dados exibidos, a diminuição existente nos batimentos cardíacos durante a natação situa-se entre 12 e 15bpm na maior parte dos experimentos. As maiores diferenças encontradas em indivíduos não-atletas estão relacionadas a maiores valores de FC de repouso<sup>(26)</sup>. As acentuadas diferenças entre os gêneros relatadas em um dos estudos<sup>(19)</sup> também podem ser explicadas por diferentes valores de FC de repouso, decorrentes de níveis de treinamento diferenciados, visto que, segundo os autores do referido estudo, as mulheres apresentavam nível de treinamento superior.

## Corrida em piscina rasa ou funda

Outros estudos compararam a corrida/caminhada fora d'água com exercícios realizados na posição vertical, como corrida em piscina rasa ou funda e exercícios de hidroginástica. Ritchie e Hopkins<sup>(20)</sup> compararam a corrida em piscina funda e a corrida na esteira, em ritmo intenso, com resultados apontando para FC média 17bpm menor ( $p < 0,05$ ) durante a corrida em piscina funda. Town e Bradley<sup>(21)</sup> relataram diminuição discretamente superior a 10% na  $FC_{máx}$  durante corrida em piscina rasa e funda, comparadas com corrida em esteira; em piscina rasa, a  $FC_{máx}$  foi um pouco mais

alta. As diferenças encontradas foram estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) e corresponderam a aproximadamente 21bpm na corrida em piscina rasa e 26bpm na corrida em piscina funda.

Posteriormente, o estudo comparativo entre corrida em esteira e corrida em piscina funda realizado por Svedenhag e Seger<sup>(2)</sup> também revelou  $FC_{\text{máx}}$  significativamente menor ( $p < 0,01$ ) na água, com diminuição média de 16bpm. É importante ressaltar que, nesse estudo, para valores de  $\dot{V}O_2$  mais baixos a diferença entre os valores da FC em terra e água mostrou-se menor e não significativa. Em intensidades submáximas de esforço, a FC sofreu redução de 8 a 11bpm na água; as maiores reduções ocorreram na intensidade mais baixa. Esses dados reforçam a idéia de que, em intensidades mais baixas de esforço, as diferenças na FC tendem a ser menores entre os meios aquático e terrestre. Tal fato possivelmente ocorre devido a diferenças relacionadas à transmissão dos impulsos nervosos simpáticos ou à menor concentração plasmática de noradrenalina em intensidades mais altas<sup>(5)</sup>.

Frangolias e Rhodes<sup>(23)</sup> também realizaram testes de esforço máximo em esteira fora d'água e na corrida em piscina funda, relatando diferença média ( $p = 0,001$ ) de 15bpm na FC, verificada quando o indivíduo atingia seu  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ . Resultados similares foram apontados por Nakanishi *et al.*<sup>(4)</sup>, que observaram  $FC_{\text{máx}}$  reduzida em 19bpm na corrida em piscina funda, comparada com corrida na esteira fora d'água.

Relacionando FC e produção de lactato sanguíneo durante corrida em piscina funda e corrida em pista, Denadai *et al.*<sup>(5)</sup> compararam a FC correspondente aos limiares aeróbio e anaeróbio. Os resultados da pesquisa indicam que a FC aquática foi significativamente menor ( $p < 0,05$ ) para as duas intensidades. As diferenças médias encontradas, correspondentes a 22bpm no limiar aeróbio e 34bpm no limiar anaeróbio, novamente reforçam a idéia da influência exercida pela intensidade do esforço sobre a magnitude da diminuição observada na FC em ambiente aquático.

De acordo com os estudos citados, ao comparar-se o comportamento da FC durante a corrida em piscina funda e a corrida fora d'água, ocorre diminuição na  $FC_{\text{máx}}$  durante a corrida em piscina funda, que se situa entre 15 e 20bpm. Valores superiores para a redução na FC aquática relatados em dois dos estudos citados<sup>(5,21)</sup> podem ser justificados pela execução do exercício sem a utilização de equipamento flutuante<sup>(21)</sup>, dessa forma impondo maior carga de trabalho ou, então, pela utilização da corrida em pista<sup>(5)</sup>, que poderia levar a valores máximos de FC superiores em comparação com a corrida na esteira.

### Hidroginástica

Alguns estudos recentes compararam a FC durante a execução de exercícios típicos de hidroginástica, realizados dentro e fora do ambiente aquático. KrueI *et al.*<sup>(9)</sup> observaram redução média de 9 ( $p > 0,05$ ) e 25bpm ( $p < 0,05$ ) durante a realização de exercícios na água em intensidade moderada, variação esta dependente da profundidade de imersão até o nível da cicatriz umbilical ou do ombro, respectivamente. Heithold e Glass<sup>(28)</sup> também compararam a FC durante a realização de exercícios aeróbios idênticos dentro e fora d'água, com velocidade de execução baseada na percepção subjetiva. Os autores observaram valores de FC 20 a 29bpm inferiores ( $p < 0,05$ ) durante a hidroginástica para a mesma intensidade de esforço.

Com base nos dados apresentados, durante a execução de exercícios de hidroginástica a FC parece demonstrar diminuição mais acentuada do que nas modalidades de natação e corrida em piscina rasa ou funda, situando-se em torno de 25bpm para a condição de imersão na profundidade do ombro. Tal constatação pode estar relacionada à presença ou ausência de deslocamento, visto que maior quantidade de trabalho e massa muscular atuante faz-se necessária para vencer a sobrecarga imposta pela água durante o deslocamento frontal inerente à natação e à corrida aquática. Dessa forma, as modalidades que envolvem deslocamento demanda-

riam maior aporte sanguíneo para suprir as necessidades da porção muscular atuante. Comparando-se especificamente natação e hidroginástica, outro diferencial a ser considerado consiste nos efeitos da pressão hidrostática sobre os indivíduos imersos na posição vertical. Esses efeitos incluem maior volume de sangue que retorna ao coração e, conseqüentemente, maior volume ejetado por sístole; isso permite ao coração diminuir sua frequência de bombeamento.

### Ciclismo aquático

Em relação a exercícios em bicicleta ergométrica realizados dentro e fora da água, Sheldahl *et al.*<sup>(30)</sup> relataram que a FC aquática não foi significativamente diferente da FC em terra, para situações de repouso e exercício moderado. No exercício com cargas mais altas, a redução na FC na água foi maior, correspondendo a 10bpm. Mais uma vez, os dados exibidos na literatura reforçam a influência da intensidade do esforço na redução da FC em ambiente aquático. Ou seja, parece haver tendência para maiores diferenças entre as respostas de FC nos meios líquido e terrestre quando os indivíduos se aproximam do esforço máximo.

Logo, equações que traduzem as diferenças da  $FC_{\text{máx}}$  do meio terrestre para o meio líquido não devem ser usadas porque a  $FC_{\text{máx}}$  é influenciada, entre outros fatores, pela temperatura da água e pela profundidade de imersão. Para uma quantificação adequada da  $FC_{\text{máx}}$  no meio aquático, uma estratégia interessante seria a condução de um teste de esforço máximo no praticante, respeitando as especificidades do meio, como temperatura, profundidade e gesto motor requeridos durante as sessões habituais de treinamento.

### Profundidade de imersão

No que diz respeito à influência da profundidade de imersão nas alterações da FC, ocorre diminuição gradativa na FC conforme aumenta a profundidade de imersão, durante a imersão em pé no meio aquático<sup>(9,16,22,25,26)</sup>. Conforme Risch *et al.*<sup>(16)</sup>, a FC diminui em média 13bpm partindo-se de uma condição inicial de imersão até o nível da sínfise púbica para uma segunda situação de imersão até o apêndice xifóide. No entanto, partindo-se da mesma condição inicial de imersão até o nível da sínfise púbica para uma situação de imersão até o pescoço, a diminuição média da FC corresponde a 16bpm (diferenças estatisticamente não significativas). Em outro estudo de Risch *et al.*<sup>(17)</sup>, a bradicardia média encontrada após rápida imersão até o pescoço, em comparação com a condição fora d'água, foi de 17bpm (diferença estatisticamente significativa), mostrando-se maior para FC iniciais mais altas. Posteriormente, KrueI<sup>(22)</sup> também analisou o comportamento da FC durante a imersão vertical em repouso em diferentes profundidades de água, utilizando maior número de níveis de imersão. A bradicardia média encontrada nas diferentes profundidades foi de 2bpm (joelho), 9bpm (quadril), 13bpm (cicatriz umbilical), 16bpm (apêndice xifóide e pescoço), 17bpm (ombro), 12bpm (ombro, com braços fora d'água). Com exceção do nível de imersão até o joelho, a bradicardia foi significativa ( $p < 0,05$ ) em todas as profundidades de imersão analisadas. O autor destaca que a bradicardia crescente que acompanha o aumento da profundidade de imersão está diretamente relacionada ao aumento da pressão hidrostática sobre os indivíduos.

No que diz respeito às respostas entre os gêneros, KrueI *et al.*<sup>(25)</sup> mostraram resultados similares aos do estudo supracitado<sup>(22)</sup>, não revelando diferença significativa entre gêneros ou faixas etárias. Da mesma forma, Coertjens *et al.*<sup>(26)</sup> não encontraram diferenças significativas entre faixas etárias ou gêneros ao analisar indivíduos em imersão vertical em diferentes profundidades. Nessa pesquisa, a bradicardia variou de 1 a 44bpm, com a conclusão de que tanto a profundidade de imersão quanto a FC de repouso influenciam a bradicardia aquática. Em relação à influência da FC de repouso, os autores relatam bradicardia mais acentuada para

valores de FC de repouso mais altos e bradicardia menos acentuada para menores valores de FC de repouso.

Kruel *et al.*<sup>(9)</sup> analisaram o comportamento da FC durante a execução de exercícios de hidroginástica, fora d'água e nas profundidades de imersão de cicatriz umbilical e de ombro. Verificaram que a diminuição média na FC durante os exercícios na profundidade de cicatriz umbilical e de ombro, em relação aos mesmos exercícios realizados fora d'água, foi de 9bpm e 25bpm, respectivamente. Nesse estudo, a diferença mostrou-se significativa ( $p < 0,05$ ) somente para a profundidade de ombro. A tabela 1 apresenta os valores da diminuição na FC relatados pelos autores citados nas diferentes profundidades de imersão do corpo na água.

TABELA 1

Diminuição na FC em diferentes profundidades de imersão do corpo na água

Profundidade de imersão	Diminuição na FC (bpm)				
	Risch <i>et al.</i> <sup>(17)</sup>	Kruel <sup>(22)</sup>	Kruel <i>et al.</i> <sup>(25)</sup>	Coertjens <i>et al.</i> <sup>(26)</sup>	Kruel <i>et al.</i> <sup>(9)</sup>
Pesçoço	17**	16*	14*	13*	-
Ombro com braços fora d'água	-	12*	13*	13*	-
Ombro	-	17*	13*	13*	25*
Apêndice xifóide	-	16*	14*	13*	-
Cicatriz umbilical	-	13*	11*	11*	9
Quadril	-	9*	8*	8*	-
Joelho	-	2	1	0	-

\* diferença estatisticamente significativa em relação à condição fora d'água ( $p < 0,05$ ).

\*\* diferença estatisticamente significativa em relação à condição fora d'água ( $p$  não citado).

## Temperatura da água

Existem ainda alguns estudos que enfatizam a influência da temperatura da água no comportamento da FC, tanto em repouso quanto em exercício. Craig e Dvorak<sup>(31)</sup> concluíram que ocorre aumento na FC de indivíduos imersos na posição vertical em temperaturas de 36 e 37°C e diminuição na mesma em temperaturas de 35°C ou menos. Outra importante conclusão desse estudo foi a descoberta da temperatura de imersão considerada como neutra em relação à FC em condição de repouso, a qual ficou estabelecida entre a faixa de 35 e 35,5°C.

Analisando os efeitos de diferentes temperaturas durante a imersão em repouso e exercício no cicloergômetro, Rennie *et al.*<sup>(32)</sup> verificaram que, na imersão em repouso, a FC média diminuiu 25% em temperaturas abaixo de 34°C. Já na temperatura aquática de 36°C, a FC média não mostrou alteração significativa. Em situação de exercício moderado, a FC sofreu redução de 20 a 25% em temperaturas de água abaixo dos 34°C. Já em situação de exercício intenso, a FC não revelou alterações significativas. Holmér e Bergh<sup>(13)</sup>, pesquisando a relação entre FC e  $\dot{V}O_2$  durante a natação em diferentes temperaturas (18, 26 e 34°C), relataram que a FC para um dado  $\dot{V}O_2$  é menor em temperaturas mais baixas e maior em temperaturas mais altas. A FC média em 18°C foi 8bpm inferior que em 26°C e 15bpm inferior que em 34°C. Resultados semelhantes foram verificados por McArdle *et al.*<sup>(33)</sup>, durante exercício em cicloergômetro nas temperaturas aquáticas de 18, 25 e 33°C. Os exercícios realizados em água com temperatura de 33°C não apresentaram relações entre  $\dot{V}O_2$  e FC significativamente diferentes daquelas em terra. Contudo, a FC encontrada na temperatura de 18°C foi, em média, 5bpm menor ( $p > 0,05$ ) do que em 25°C e 15bpm menor ( $p < 0,05$ ) do que em 33°C, para um valor submáximo de  $\dot{V}O_2$  preestabelecido. A diferença de 10bpm entre os 25 e 33°C também foi estatisticamente significativa.

Corroborando os estudos citados acima, outro estudo<sup>(18)</sup> também registrou diferenças nos valores de FC obtidos durante exercício em cicloergômetro nas temperaturas aquáticas de 20, 25, 30 e 35°C, revelando aumento ou diminuição conforme respectivo aumento ou diminuição na temperatura da água. A variação mostrou-se mais acentuada em 30 e 35°C, com valores significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) daqueles encontrados em 20°C. Em relação à FC em 35°C, os valores médios encontrados nas temperaturas de 30, 25 e 20°C apresentaram-se reduzidos em 6, 17 e 19bpm, respectivamente. Mais recentemente, Müller *et al.*<sup>(27)</sup> analisaram o comportamento da FC durante a imersão vertical em repouso, encontrando bradicardia em relação à mesma posição fora d'água correspondente a 17bpm na temperatura aquática de 33°C, 24bpm na temperatura de 30°C e 33bpm na temperatura de 27°C. Esses autores verificaram diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) somente entre as temperaturas de 27 e 33°C. É importante ressaltar que as piscinas destinadas à prática de atividades aquáticas geralmente encontram-se dentro de tal faixa de variação térmica. Considerando que a intensidade do esforço aumenta a diferença existente entre a FC verificada dentro e fora d'água, pode-se especular que, durante a prática de exercícios na posição vertical, as diferenças estatisticamente significativas ocorram numa faixa de variação da temperatura menor que a relatada no estudo supracitado. A tabela 2 apresenta os valores da diminuição na FC relatados por autores citados, nas diferentes temperaturas de água utilizadas.

TABELA 2

Diminuição na FC durante a imersão em diferentes temperaturas de água

Estudos	Repouso/Exercício	Diminuição na FC
Holmér e Bergh <sup>(13)</sup>	Natação	De 34 para 26°C = 7bpm De 26 para 18°C = 8bpm De 34 para 18°C = 15bpm
McArdle <i>et al.</i> <sup>(33)</sup>	Cicloergômetro	De 33 para 25°C = 10bpm* De 25 para 18°C = 5bpm De 33 para 18°C = 15bpm*
McMurray e Horvath <sup>(18)</sup>	Cicloergômetro	De 35 para 30°C = 6bpm De 30 para 25°C = 11bpm De 25 para 20°C = 2bpm De 35 para 20°C = 19bpm* De 30 para 20°C = 13bpm*
Muller <i>et al.</i> <sup>(27)</sup>	Repouso	De 33 para 30°C = 7bpm De 30 para 27°C = 9bpm De 33 para 27°C = 16bpm*

\* diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

## Conclusões

Embora não esteja totalmente esclarecido o mecanismo responsável pela diminuição na FC durante a imersão, acredita-se que uma das principais explicações para isso recaia sobre o aumento no retorno venoso. Nesse sentido, um dos efeitos advindos da ação da pressão hidrostática sobre os indivíduos consiste justamente no aumento no retorno venoso, que leva a incrementos no volume sanguíneo central e na pré-carga cardíaca<sup>(34)</sup>. Outro aspecto a ser considerado é a maior termocondutividade da água ao ser comparada com o ar, fazendo com que temperaturas aquáticas inferiores à condição termoneutra contribuam para a redistribuição sanguínea, assim deslocando o sangue da periferia para as regiões centrais, na tentativa de impedir a perda excessiva de calor corporal. Essa hipervolemia central gera aumentos no volume sistólico e débito cardíaco, promovendo bradicardia reflexa decorrente da imersão<sup>(35)</sup>. Em adição, a diminuição da atividade nervosa simpática também concorre para potencializar as respostas bradicárdicas na imersão<sup>(36)</sup>. Ainda, estudo recente<sup>(37)</sup> aponta para a diminuição do peso hidrostático como fator igualmente responsá-

vel pelas modificações na FC durante a imersão, contribuindo para a bradicardia devido ao menor recrutamento muscular e consequente redução no aporte sanguíneo.

Em função dos dados apresentados na literatura, verifica-se que a magnitude das diferenças nas respostas de FC nos meios aquático e terrestre pode variar bastante. Entre os aspectos mais importantes que podem explicar esse fato situam-se a temperatura da água, a redução do peso hidrostático, o posicionamento do corpo e sua profundidade de imersão, a FC de repouso e a intensidade relativa do esforço. Dessa forma, para a prescrição do exercício no meio líquido, o somatório desses aspectos deve ser cuidadosamente analisado, visto que discretas variações em um ou mais aspectos podem ditar diferenças importantes na forma de condução dos exercícios. Tal fato torna-se especialmente importante ao lidar com populações de risco, mal condicionadas, ou que necessitam de cuidados especiais.

Do ponto de vista prático, para a obtenção da  $FC_{\max}$  real em ambiente aquático o ideal seria a aplicação de um teste de esforço máximo, que deveria ser conduzido em condições de temperatura, profundidade de imersão e gesto motor específicos ao tipo de exercício utilizado no programa de treinamento. Havendo impossibilidade de realizar o teste de esforço, aceita-se ser possível prever a  $FC_{\max}$  no meio líquido através da subtração da bradicardia aquática do valor de  $FC_{\max}$  no meio terrestre. Nesse sentido, para determinar o valor da diminuição dos batimentos cardíacos durante a imersão, cada indivíduo deveria ser analisado em condições de profundidade, temperatura e posição corporal similares às do exercício proposto no programa de treinamento, em comparação com a mesma posição em terra. Uma proposta para essa finalidade seria a utilização da seguinte equação

$$FC_{\max} \text{ na água} = FC_{\max} \text{ em terra} - \Delta FC$$

em que  $\Delta FC$  = bradicardia decorrente da imersão (na profundidade, temperatura e posição corporal utilizadas no exercício).

## PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO

Considerando os diversos indicadores fisiológicos que podem ser usados no controle da intensidade do esforço, alguns são de difícil utilização no meio aquático, devido ao alto custo e dificuldade de mensuração, como, por exemplo, a produção do lactato sanguíneo e o  $\dot{V}O_2$ <sup>(2,21)</sup>. Em função disso, a opção por indicadores mais práticos que apresentem custos reduzidos tem sido adotada, principalmente em se tratando do trabalho em grupos. No caso da prescrição de exercícios no meio aquático, um dos indicadores mais aplicados no dia-a-dia é a escala *Rate of perceived exertion* de Borg. Essa escala<sup>(38)</sup> foi construída e validada em exercícios realizados fora do meio líquido<sup>(39-41)</sup> e sua aplicação em exercícios aquáticos vem sendo investigada mais recentemente. A literatura apresenta alguns estudos a esse respeito e o conhecimento existente pode ser aplicado na quantificação da intensidade do esforço em exercícios dessa natureza.

Maglisho<sup>(42)</sup> considera a escala de Borg um bom instrumento para avaliar a intensidade relativa do exercício na natação. Da mesma forma, a *Aquatic Exercise Association* – AEA<sup>(6)</sup> recomenda o uso da escala na estimativa da intensidade dos exercícios na hidroginástica. Alguns estudos investigaram a relação das respostas da PSE com outros indicadores de intensidade do esforço na natação, como também em exercícios realizados fora d'água. Dentre eles, o estudo de Ueda e Kurokawa<sup>(43)</sup> correlacionou a PSE com a FC, o  $\dot{V}O_2$  e o lactato sanguíneo durante o nado atado. Após a aplicação de testes submáximos de natação, os autores verificaram elevadas correlações entre as medidas investigadas, concluindo que a PSE pode ser considerada uma medida efetiva da intensidade do esforço nesse tipo de exercício. É importante destacar que a natação é uma atividade de característica cíclica e as correlações foram verificadas em situações de teste submáximo, en-

volvendo cargas em estado estável. Logo, as elevadas correlações verificadas no estudo supracitado não devem ser transferidas para atividades acíclicas, em que grupos musculares variados são requeridos em intensidades distintas.

Em outro estudo, ao verificar a FC correspondente a determinados índices da escala de Borg durante a natação, comparada com cicloergometria ou ergometria de braços, Green *et al.*<sup>(6)</sup> verificaram que, para o índice 12 da referida escala, os valores de FC foram significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), tanto ao comparar natação com cicloergometria quanto ao comparar natação com ergometria de braços. A FC mostrou-se mais elevada durante a natação. Para o índice 16 da referida escala, os valores de FC diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) somente ao comparar natação com a ergometria de braços, embora ao comparar a natação com a cicloergometria, a tendência para valores superiores na natação fosse mantida. É importante salientar que o fato de não ter sido relatada diminuição na FC no ambiente aquático diverge das conclusões da grande parte dos estudos existentes na literatura, incluindo os estudos que compararam a natação com outras modalidades de exercício<sup>(11,12,24)</sup>, independentemente do indicador de intensidade do esforço utilizado como controle. Isto pode estar relacionado com o nível de treinamento da amostra ou com maior adaptação aos exercícios realizados no meio terrestre, fatores que poderiam justificar os resultados apresentados. Também é importante destacar que os autores não realizam correção nos valores de FC em relação à redução existente no meio aquático, o que poderia ajudar na consistência dos resultados encontrados nessa investigação.

Outros estudos analisaram o comportamento da PSE na caminhada/corrida dentro e fora d'água. Denadai *et al.*<sup>(5)</sup> compararam a FC e a PSE correspondentes ao limiar aeróbio e ao limiar anaeróbio durante corrida em pista e corrida em piscina funda, em intensidades de exercício submáximas. Os resultados indicaram que os índices obtidos para a PSE, tanto no limiar aeróbio (corrida em piscina funda = 11,5; corrida em pista = 11,2), quanto no limiar anaeróbio (corrida em piscina funda = 14; corrida em pista = 15,2) não foram significativamente diferentes ( $p \geq 0,05$ ) entre o exercício dentro e fora d'água. Resultados similares foram encontrados por Nakanishi *et al.*<sup>(4)</sup>, ao comparar os índices de PSE durante testes de esforço máximo na corrida em piscina funda e na esteira fora d'água. Os autores observaram que a PSE ao atingir o esforço máximo não foi estatisticamente diferente ( $p = 0,84$ ) entre os exercícios realizados dentro e fora d'água (corrida em piscina funda = 9,60; corrida na esteira = 9,65 – escala CR10).

Entretanto, Denadai *et al.*<sup>(5)</sup> não encontraram correlações entre a PSE obtida em ambiente aquático e terrestre ( $r = 0,15$  para o limiar aeróbio e  $r = 0,38$  para o limiar anaeróbio). Logo, embora os resultados do referido estudo indiquem que o tipo de exercício não influencia na relação entre PSE e resposta do lactato sanguíneo, o fato de não terem sido encontradas correlações entre a PSE das duas modalidades estudadas indica que a transferência de avaliações da corrida em pista para corrida em piscina funda pode levar a resultados inconsistentes. Assim, além das diferenças envolvendo os meios líquido e terrestre, parece haver uma especificidade no uso da escala, em que pequenas diferenças no gesto motor podem influenciar a PSE.

Em outro estudo, Shono *et al.*<sup>(44)</sup>, buscando examinar a PSE e outras variáveis fisiológicas durante caminhada aquática na esteira, na profundidade de apêndice xifóide, revelaram forte relação linear entre FC e PSE ( $r = 0,99$ ;  $p < 0,01$ ). Os autores concluíram que a PSE pode ser considerada um bom índice para prescrição de caminhada em esteira, tanto na água quanto em terra. Em outro estudo, Lazzari e Meyer<sup>(45)</sup> compararam as respostas da FC e da PSE durante caminhada na profundidade da cintura com a caminhada na esteira a uma mesma velocidade, em intensidade submáxima. Os valores da PSE encontrados na caminhada aquática foram significativamente mais altos quando comparados com os

valores da caminhada na esteira; a diferença correspondeu a 30,2% no primeiro minuto do teste. Segundo os autores, tal diferença era esperada devido à utilização da mesma velocidade nos diferentes ambientes, visto que o meio aquático oferece maior resistência ao deslocamento do corpo. Em conseqüência, o gasto energético e o trabalho muscular também são superiores, refletindo-se na PSE. Em relação à correlação entre os valores de FC e PSE, a mesma foi considerada fraca, diferentemente dos resultados apontados por Shono *et al.*<sup>(44)</sup>. Tais diferenças entre os estudos indicam a falta de consenso a respeito da relação entre FC e PSE no meio líquido, apontando para a realização de novas investigações.

Hall *et al.*<sup>(3)</sup> também realizaram estudo comparativo entre caminhada em esteira dentro e fora d'água em velocidades iguais, incluindo diferentes temperaturas aquáticas como fatores influenciadores das respostas cardiorrespiratórias. Foram utilizadas intensidades submáximas para exercícios realizados na profundidade do peito e nas temperaturas aquáticas de 28 e 36°C. A PSE foi significativamente maior ( $p \leq 0,001$ ) durante os exercícios realizados na água, confirmando que a caminhada aquática em esteira apresenta custo energético superior ao da caminhada em esteira fora d'água na mesma velocidade. Os resultados apontaram índices de PSE correspondentes a 11,4 e 14 durante a caminhada na água e 9,9 e 11 durante a caminhada fora d'água, para as velocidades de 4,5 e 5,5km/h, respectivamente. Nesse estudo, não foi relatada a influência da variação térmica aquática no comportamento da PSE. Mais recentemente, Fujishima e Shimizu<sup>(46)</sup> compararam algumas respostas fisiológicas durante caminhada na esteira dentro e fora d'água a um mesmo índice de PSE. Para o índice 13 da escala de Borg, não foram encontradas diferenças significativas ( $p \geq 0,05$ ) no comportamento do  $\dot{V}O_2$  e da FC entre a caminhada fora d'água e dentro d'água nas temperaturas de 31 e 35°C. Uma justificativa para tais resultados pode recair sobre a velocidade de execução da caminhada nos diferentes ambientes; contudo, os autores não relataram quais foram as velocidades utilizadas. Outro aspecto a ser considerado é a maior tendência para a diferença nas duas variáveis citadas entre a condição fora d'água e a temperatura aquática de 31°C. Pode-se especular que tais diferenças seriam estatisticamente significativas se fossem utilizadas temperaturas aquáticas ligeiramente inferiores. Contudo, isso merece ser confirmado através de novos experimentos.

Em se tratando do treinamento conduzido em sessões de hidroginástica, alguns passos já foram dados para investigar o uso da escala de Borg na quantificação da intensidade do esforço. O estudo de Sá *et al.*<sup>(47)</sup> comparou a PSE durante a realização de exercícios de hidroginástica e teste ergométrico na esteira fora d'água. Para uma mesma intensidade de esforço, medida através da FC, a PSE foi menor durante os exercícios de hidroginástica. Nas intensidades correspondentes a 60 e 90% do esforço máximo, a diferença encontrada foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ); nas intensidades de 70 e 80% foi relatada apenas tendência para valores inferiores no meio aquático. Os autores não relataram a realização de uma correção baseada na redução da FC em ambiente aquático nos valores percentuais da  $FC_{\text{máx}}$  utilizados no controle da intensidade do exercício, procedimento que poderia alterar os resultados obtidos. Hoeger *et al.*<sup>(48)</sup> realizaram testes máximos na corrida em esteira e durante a realização de exercícios de hidroginástica e concluíram que a PSE ao atingir a  $FC_{\text{máx}}$  foi inferior durante a execução dos testes em ambiente aquático. Os autores ressaltaram que tanto os valores da  $FC_{\text{máx}}$  quanto os da PSE foram significativamente inferiores ( $p < 0,05$ ) durante os exercícios de hidroginástica.

Em outro estudo, Heithold e Glass<sup>(28)</sup> compararam a PSE durante a execução da mesma rotina de exercícios aeróbios dentro e fora d'água. A duração da rotina foi idêntica, sendo subjetiva a velocidade de execução de cada exercício. Os índices de PSE encontrados (entre 12 e 14) não foram estatisticamente diferentes ( $p \geq 0,05$ ) entre as duas modalidades, embora tenha sido observa-

da tendência para valores menores no meio aquático, especialmente durante exercícios exclusivamente de membros inferiores. Vale ressaltar que, nesse mesmo estudo, os valores da FC foram inferiores na água, apontando que a FC não teve efeito sobre a PSE. Os autores concluíram que a PSE é um indicador confiável da intensidade do esforço durante a prática da hidroginástica.

Toner *et al.*<sup>(49)</sup> examinaram a interação entre estresse térmico e PSE, através de exercícios aquáticos de baixa e alta intensidade realizados em temperaturas de 20 e 26°C. Ainda que o esforço percebido tenha sido menor na temperatura inferior durante o exercício de alta intensidade, a PSE não diferiu significativamente ( $p > 0,05$ ) entre as diferentes temperaturas e intensidades. Portanto, a PSE está mais relacionada com variáveis cardiopulmonares do que com a sensação térmica.

## Conclusões

Embora ainda sejam necessários novos estudos para tentar elucidar algumas divergências sobre o comportamento da PSE em exercícios na água, os dados existentes indicam que ela pode ser usada como indicador da intensidade do esforço em exercícios aquáticos. Contudo, ressalta-se que o uso adequado da escala de Borg necessita de orientação e treinamento apropriados. Isso porque a falta de familiarização com o instrumento ao executar distintos gestos motores pode alterar os resultados de percepção do esforço e, conseqüentemente, a relação dessa percepção com os indicadores fisiológicos do esforço.

Uma estratégia que pode ser interessante antes de aplicar a escala de Borg no controle das sessões de exercícios é verificar a reprodutibilidade do seu uso entre os indivíduos. Para tanto, a partir de um dado gesto motor, atividades de intensidades diferentes são aplicadas em dias distintos, estando os indivíduos sob as mesmas condições. Logo, os indivíduos devem atribuir valores similares da escala para as mesmas atividades nos distintos dias. Caso esses valores sejam estatisticamente diferentes para as situações controladas, o indivíduo pode não estar apto a usar a escala.

Adicionalmente, atenção especial merece ser dada aos estudos recentes que relacionam a percepção do esforço não unicamente à intensidade utilizada para o exercício, mas também a fatores como a duração do esforço ou até mesmo a expectativa em relação a sua intensidade e duração<sup>(50,51)</sup>. Assim, as respostas de percepção do esforço representadas pelos índices da escala de Borg parecem ser influenciadas em parte por mecanismos psicológicos que se somam aos aspectos fisiológicos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação ao comportamento da FC, pode-se concluir que ocorre redução nos batimentos cardíacos, em condição de repouso ou exercício, nas temperaturas aquáticas mais utilizadas para a prática de natação, corrida e hidroginástica, isto é, temperaturas iguais ou inferiores a 32°C. Quanto à profundidade de imersão, o seu aumento intensifica as diminuições que ocorrem na FC. Durante o esforço, tais diminuições podem ser percebidas tanto em exercícios de característica submáxima quanto máxima. Adicionalmente, a magnitude da diferença na FC entre os meios aquático e terrestre aumenta da condição de repouso para as situações de exercício submáximo e máximo. Logo, cuidados devem ser tomados ao adotar valores médios de diferença entre os valores de FC nos meios aquático e terrestre, principalmente ao considerar distintas intensidades de esforço.

Ao prescrever a intensidade dos exercícios aquáticos com base nos valores de FC obtidos durante exercícios em terra, sem realizar correções, assume-se que a diminuição na FC decorrente de diferentes situações de imersão pode levar os indivíduos a se exercitarem em intensidades diferentes das desejadas, geralmente superiores. Finalmente, cabe ressaltar que as diferenças entre o comportamento da FC dentro e fora d'água podem variar bastante

entre os indivíduos, ficando difícil utilizar valores médios para essa diferença, principalmente ao considerar diferentes intensidades do esforço. Uma boa opção para os profissionais da área seria a correção da FC de acordo com as condições a serem utilizadas, tais como posicionamento corporal, temperatura da água, profundidade de imersão, FC de repouso, tipo e intensidade de exercício. Nesse sentido, para identificar a  $FC_{m\acute{a}x}$  real no meio líquido sugere-se realizar um teste máximo, respeitando-se as especificidades aquáticas e de gesto motor. Outra estratégia interessante visando a predição da  $FC_{m\acute{a}x}$  no meio aquático é determinar a bradicardia durante a imersão em repouso na posição, profundidade e temperatura utilizadas para a prática de exercícios, subtraindo-se o valor obtido do valor de  $FC_{m\acute{a}x}$  no meio terrestre.

Em relação ao uso da PSE, embora estudos futuros devam ser realizados para melhor consubstanciar a sua adoção como indicador de intensidade do esforço em exercícios aquáticos de natureza variada, as pesquisas disponíveis sugerem que a escala de Borg

parece ser uma opção confiável e prática, devido à possibilidade de correspondência entre seus índices dentro e fora do meio aquático, em uma mesma intensidade de esforço. Em outras palavras, o controle da intensidade de exercícios de natação, corrida aquática e hidroginástica pode ser efetuado por meio da PSE, em prescrições habituais de exercícios. Entretanto, cuidados devem ser tomados quanto à familiaridade com o uso da escala. Os indivíduos devem ser treinados para os distintos gestos motores utilizados nas diferentes modalidades. Além disso, é importante verificar a reprodutibilidade do uso da escala entre os indivíduos para cada modalidade de atividade aquática adotada na prescrição de um programa de exercícios.

---

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

---

## REFERÊNCIAS

1. American College of Sports Medicine. Guidelines for exercise testing and prescription. 6<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Williams and Wilkins, 2000.
2. Svedenhag J, Seger J. Running on land and in water: comparative exercise physiology. *Med Sci Sports Exerc* 1992;10:1155-60.
3. Hall J, Macdonald IA, Maddison PJ, O'Hare JP. Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. *Eur J Physiol Occup Physiol* 1998;3:278-84.
4. Nakanishi Y, Kimura T, Yokoo Y. Maximal physiological responses to deep water running at thermoneutral temperature. *Appl Human Sci* 1999;2:31-5.
5. Denadai BS, Rosas R, Denadai MLDR. Limiar aeróbio e anaeróbio na corrida aquática: comparação com os valores obtidos na corrida em pista. *Rev Bras Ativ Física Saúde* 1997;1:23-8.
6. Aquatic Exercise Association. Manual do profissional de fitness aquático. Rio de Janeiro: Shape, 2001.
7. Shimizu T, Kosaka M, Fujishima K. Human thermoregulatory responses during prolonged walking in water at 25, 30 and 35°C. *Eur J Appl Physiol* 1998;78:473-8.
8. Green JM, Michael T, Solomon AH. The validity of ratings of perceived exertion for cross-modal regulation of swimming intensity. *J Sports Med Phys Fitness* 1999;3:207-12.
9. Kruehl LFM, Moraes EZC, Ávila AOV, Sampedro RMF. Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água. *Revista Kinesia* 2001;nº especial:104-29.
10. Magel JR, Faulkner JA. Maximum oxygen uptakes of college swimmers. *J Appl Physiol* 1967;5:929-38.
11. McArdle WD, Glaser RM, Magel JR. Metabolic and cardiorespiratory response during free swimming and treadmill walking. *J Appl Physiol* 1971;5:733-8.
12. Dixon RW, Faulkner JA. Cardiac outputs during maximum effort running and swimming. *J Appl Physiol* 1971;5:653-6.
13. Holmér L, Bergh V. Metabolic and thermal response to swimming in water at varying temperatures. *J Appl Physiol* 1974;37:702-5.
14. Holmér I, Lundin A, Eriksson BO. Maximum oxygen uptake during swimming and running by elite swimmers. *J Appl Physiol* 1974;6:711-4.
15. Holmér I, Stein EM, Saltin B, Ekblom B, Astrand P. Hemodynamic and respiratory responses compared in swimming and running. *J Appl Physiol* 1974;1:49-54.
16. Risch WD, Koubenec HJ, Beckmann U, Lange S, Gauer OH. The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflügers Arch* 1978;374:115-8.
17. Risch WD, Koubenec HJ, Gauer OH, Lange S. Time course of cardiac distension with rapid immersion in a thermo-neutral bath. *Pflügers Arch* 1978;374:119-20.
18. McMurray RG, Horvath SM. Thermoregulation in swimmers and runners. *J Appl Physiol* 1979;6:1086-92.
19. Vilas-Boas JP. Valores máximos da frequência cardíaca obtidos em natação e em tapete rolante. *Revista Portuguesa de Medicina Desportiva* 1989;7:109-25.
20. Ritchie SE, Hopkins WG. The intensity of exercise in deep-water running. *Int J Sports Med* 1991;1:27-9.
21. Town GP, Bradley SS. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. *Med Sci Sports Exerc* 1991;2:238-41.
22. Kruehl LFM. Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água [dissertação]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria, 1994.
23. Frangolias DD, Rhodes EC. Maximal and ventilatory threshold responses to treadmill and water immersion running. *Med Sci Sports Exerc* 1995;7:1007-13.
24. Scolfaro LB, Marins JCB, Regazzi AJ. Estudo comparativo da frequência cardíaca máxima em três modalidades cíclicas. *Revista da APEF* 1998;1:44-54.
25. Kruehl LFM, Tartaruga LAP, Dias AC, Silva RC, Picanço PSP, Rangel AB. Frequência cardíaca durante imersão no meio aquático. *Fitness & Performance Journal* 2000;6:46-51.
26. Coertjens M, Dias ABC, Silva RC, Rangel ACB, Tartaruga LAP, Kruehl LFM. Determinação da bradicardia durante imersão vertical no meio líquido. In: XII Salão de Iniciação Científica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2000;341.
27. Müller FIG, Santos E, Tartaruga LP, Lima WC, Kruehl LFM. Comportamento da frequência cardíaca em indivíduos imersos em diferentes temperaturas de água. *Revista Mineira de Educação Física* 2001;1:7-23.
28. Heithold K, Glass SC. Variations in heart rate and perception of effort during land and water aerobics in older women. *Journal of Exercise Physiology* 2002;4:22-8.
29. Paulev PE, Hansen HG. Cardiac responses to apnea and water immersion during exercise in man. *J Appl Physiol* 1972;2:193-8.
30. Sheldahl LM, Wann LS, Clifford PS, Tristani FE, Wolf LG, Kalbfleisch JH. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. *J Appl Physiol* 1984;6:1662-7.
31. Craig AB, Dvorak M. Thermal regulation during water immersion. *J Appl Physiol* 1966;5:1577-85.
32. Rennie DW, Di Prampero P, Cerretelli P. Effects of water immersion on cardiac output, heart rate and stroke volume of man at rest and during exercise. *Med Sport* 1971;24:223-8.
33. McArdle WD, Magel JR, Lesmes GR, Pechar GS. Metabolic and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25 and 33°C. *J Appl Physiol* 1976;1: 85-90.
34. Sheldahl LM. Special ergometric techniques and weight reduction. *Med Sci Sports Exerc* 1985;1:25-30.
35. Arborelius M, Balldin UI, Lilja B, Lundgren CEG. Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerosp Med* 1972;6:592-8.
36. Connelly TP, Sheldahl LM, Tristani FE, Levandoski SG, Kalkhoff RK, Hoffman MD, et al. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. *J Appl Physiol* 1990;2:651-6.
37. Alberton CL, Tartaruga LAP, Turra NA, Petkowicz RO, Müller FIG, Kruehl LFM. Efeitos do peso hidrostático na frequência cardíaca durante imersão no meio aquático. In: XIV Salão de Iniciação Científica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2002;518.
38. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign: Human Kinetics, 1998.
39. Borg G. Ratings of perceived exertion and heart rates during short-term cycle exercise and their use in new cycling strength test. *Int J Sports Med* 1982;3: 153-8.
40. Pandolf KB. Advances in the study and application of perceived exertion. *Exerc Sport Sci Rev* 1983;11:118-58.
41. Kraemer WJ, Noble BJ, Clark MJ, Calver BM. Physiologic responses to heavy-resistance exercise with very short rest periods. *Int J Sports Med* 1987;8:247-52.
42. Maglilsho EW. Nadando ainda mais rápido. São Paulo: Manole, 1999.
43. Ueda T, Kurokawa T. Relationships between perceived exertion and physiological variables during swimming. *Int J Sports Med* 1995;6:385-9.
44. Shono T, Fujishima K, Hotta N, Ogaki T, Ueda T, Otaki K, et al. Physiological responses to water-walking in middle aged women. *Appl Human Sci* 2000;2: 119-23.

45. Lazzari JMA, Meyer F. Frequência cardíaca e percepção do esforço na caminhada aquática e na esteira em mulheres sedentárias e com diferentes percentuais de gordura. *Rev Bras Ativ Física Saúde* 1997;3:7-13.
46. Fujishima K, Shimizu T. Body temperature, oxygen uptake and heart rate during walking in water and on land at an exercise intensity based on RPE in elderly men. *Appl Human Sci* 2003;2:83-8.
47. Sá CA, Sá AJPR, Benetti GMF, Krueel LFM, Sampedro RMF. Estudo comparativo da sensação subjetiva de esforço de universitários em aulas de hidroginástica e em teste ergométrico em esteira rolante. In: III Jornada de Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 1993;548.
48. Hoeger WWK, Hopkins DR, Barber DJ, Gibson TA. A comparison of maximal exercise responses between treadmill running and water aerobics. *Med Sci Sports Exerc* 1998;5:S96.
49. Toner MM, Drolet LL, Pandolf KB. Perceptual and physiological responses during exercise in cool and cold water. *Percept Mot Skills* 1986;1:211-20.
50. Hampson DB, St Clair Gibson A, Lambert MI, Dugas JP, Lambert EV, Noakes TD. Deception and perceived exertion during high-intensity running bouts. *Percept Mot Skills* 2004;3:1027-38.
51. Baden DA, McLean TL, Tucker R, Noakes TD, St Clair Gibson A. Effect of anticipation during unknown or unexpected exercise duration on rating of perceived exertion, affect, and physiological function. *Br J Sports Med* 2005;10:742-6.