RODRIGO ASSIS PEREIRA FERREIRA

O COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATIVIDADES AQUÁTICAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇAO FISICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
BELO HORIZONTE
2010

RODRIGO ASSIS PEREIRA FERREIRA

O COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATIVIDADES AQUÁTICAS

Projeto de Monografia apresentado à disciplina Seminário de Orientação de TCC II do curso de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Paolucci

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇAO FISICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL
BELO HORIZONTE
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL

Acadêmico: **Rodrigo Assis Pereira Ferreira**

Número de matrícula: **2006011523**

Curso: **Educação Física**

Disciplina: **Seminário de Orientação de TC II**

Orientador: **Prof. Dr. Alexandre Paolucci**

Nota: _____

Conceito: _____

Resultado: _____

Data: **___/___/ 2010**

_____
Prof. Dr. Alexandre Paolucci

Orientador

_____
Rodrigo Assis Pereira Ferreira
Acadêmico

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, familiares e amigos que me apoiaram durante todo o meu curso, em especial aos mestres desta Universidade, pelos ensinamentos diários.

RESUMO

As atividades aquáticas, como as práticas em cicloergômetro aquático, têm sido utilizadas como um método alternativo para o treinamento esportivo e a reabilitação. No entanto, há pouca informação sobre o comportamento da FC para a prescrição de exercícios em ambiente aquáticos. Desta forma, o presente trabalho aborda os fundamentos básicos e o comportamento da FC em atividades aquaticas
Palavras-chave: atividade aquática, reabilitação aquática, freqüência cardíaca

SUBSTRACT

Aquatic activities, as water cycling, have been used as an alternative method for training and the rehabilitation. However, there is a few information about the cardiac frequency to develop exercises. Thus, the present work approaches all the basic beddings and the cardiac frequency to do aquatic exercises.
Keywords: water exercise, water rehabilitation, cardiac frequency.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 7

2. PROPRIEDADES FÍSICAS DA ÁGUA 09
2.1 Pressão 10
2.2 Empuxo 10
2.3 Flutuação 11
2.4 Temperatura 11
2.5 Densidade 12
2.6 Viscosidade 12

3 EFEITOS NO SISTEMA CARDIOVASCULAR..... 12
3.1 Freqüência Cardíaca 14

4 COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATIVIDADES AQUÁTICAS 17

4.1 Natação 17
4.2 Corrida em piscina rasa ou funda.....18
4.3 Hidroginástica 20
4.4 Ciclismo aquático 20

5 COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ACORDO COM A PROFUNDIDADE DE IMERSÃO 21

6 COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ACORDO COM A TEMPERATURA DA ÁGUA 23

7 CONCLUSÕES ,,,

1 INTRODUÇÃO

A água exerce sobre o ser humano um fascínio ancestral, pois segundo Sobrinho (1975), depois da época glacial, há milhões de anos, com o recuo do manto de gelo que cobria grande parte da terra e que, desfazendo-se, formaram lagos e rios,e fizeram da natação um dos seus meios de subsistência. A utilização do meio aquático não constitui exclusividade dos tempos atuais, uma vez que o homem da pré-história já se utilizava do ambiente aquático com muita freqüência. A água é um ambiente diferente do ar em vários aspectos e, por isso o homem entra nesse meio para a prática de atividades físicas em busca de diferentes adaptações.

Hoje o interesse em relação às atividades na água aumentou entre estudiosos, professores e pesquisadores das diversas áreas de estudo, como exemplos a Educação Física e suas atividades físicas, a Fisioterapia e suas terapias aquáticas, entre outras, bem como elevados índices de procura e aceitação pela população em geral.

As expectativas presentes no ser humano em busca de alternativas com maiores qualidades, frente à exacerbação centrada na cultura do trabalho e do consumo, podem recair sobre a crescente procura por vivências mais significativas, tornando as atividades aquáticas uma nova perspectiva, no sentido da tentativa de preenchimento desta inquietação humana em busca da melhoria da qualidade existencial. Independente dos objetivos finais da prática aquática, os exercícios realizados na água trazem inúmeros benefícios fisiológicos, terapêuticos, psicológicos, entre outros.

Exercícios aquáticos é um modo de condicionamento físico e de reabilitação e que tem sido creditada à melhora dos sistemas muscular e cardiorrespiratório, redução do estresse músculo-esquelético, redução da dor, aumento da flexibilidade, aumento da estabilização durante a marcha e melhora do bem estar psicológico (DOLBOW et al., 2008 citado por CARVALHO, 2008) e pode causar alterações fisiológicas no padrão de movimento (MASUMOTO et al, 2004, BARELA et al. 2006). A sua prática pode produzir reações fisiológicas diferentes dos realizados em terra como, por exemplo, a capacidade de intensificar a perda de calor pelo efeito hidrostático da água no sistema cardiorrespiratório (AVELLINI et al.,

1983, citados por Kruel e Sampedro, 1997). Além disso, essas atividades apresentam algumas características como a flutuabilidade, que proporciona a redução do peso hidrostático e provoca a diminuição do estresse nas articulações (HARRISON et al., 1992); maior calor específico da água comparado com o da terra, que aumenta a capacidade de transferência de calor (SRÁMEK et al., 2000); a pressão hidrostática que causa um aumento do retorno venoso para a região central do corpo (AVELLINI et al., 1983, SHELDAHL et al., 1984); e a densidade do meio, que causa uma maior resistência da água comparada com aquela oferecida pelo ar (FRANGOLIAS; RHODES, 1995).

Na água os movimentos são mais agradáveis, devido à diminuição da ação da força de gravidade e do impacto mecânico nas articulações e, por isso, tornam-se menos estressantes, fazendo parte da rotina de muitas pessoas que buscam por uma qualidade de vida melhor. A prática regular de exercícios físicos é um dos fatores que auxiliam na melhoria da saúde e da qualidade de vida e seus benefícios englobam tanto fatores fisiológicos, como a melhoria do condicionamento psicológico, como a otimização da auto-estima, quanto sociais, melhorando as relações interpessoais. A busca por tais resultados tem motivado o crescimento do número de atividades oferecidas pelas academias de ginástica e clínicas de reabilitação.

A hidroginástica foi criada para proporcionar uma atividade que fosse intensa o suficiente para provocar adaptações fisiológicas, sobretudo no sistema cardiovascular, e que, ao mesmo tempo, impusesse baixo nível das forças de impacto sobre as articulações, preservando, desta maneira, o aparelho locomotor.

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 freqüência 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. 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 freqüência cardíaca (FC), o

consumo de oxigênio (VO_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. 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.

Em relação ao comportamento da freqüência cardíaca (FC), a literatura é contraditória, pois enquanto diversos autores (MAGEL & FAULKNER, 1967; McARDLE, WD, CRAIG E DVORAK, 1969, PAULEV & HANSEN, 1972, AVELLINI et AL., 1983) afirmam que ocorre uma bradicardia durante a imersão, outros (JOHNSON, B.L, STRAMINE, SB, ADAMEZYK, JW, 1977; GLEIM & NICHOLAS, 1989) afirmam que ocorre uma taquicardia, e ainda existem os que relatam que não ocorrem alterações na FC (GREEN et al., 1990, YAMAJI et al.,1990, RITCHIE & HOPKINS, 1991).

Por todos estes aspectos, o objetivo deste trabalho, baseado em revisão da literatura, foi organizar os fundamentos básicos a serem considerados pelo educador físico para prescrever exercícios baseados no comportamento da FC durante a prática com atividades aquáticas. O presente trabalho está dividido em capítulos sobre os fundamentos básicos da prática e na discussão de diferentes artigos sobre este fim.

2 PROPRIEDADES FÍSICAS DA ÁGUA

A prática de atividade física, treinamento e reabilitação são cada vez mais presentes em ambiente aquático (HARRISON et al., 1992; MASUMOTO et al., 2007). Assim, é importante a compreensão dos princípios físicos da água sobre o corpo humano para o correto direcionamento biomecânico dos esforços e para o entendimento das respostas fisiológicas do organismo ao exercício no meio aquático. (REISCHLE, 1993).

Assim, são necessários alguns ajustes para aperfeiçoar a prescrição de exercícios em ambiente aquático, condicionados por esse meio, diferente das normalmente oferecidas pelo ar, em relação à densidade, resistência ao movimento, capacidade térmica e condutividade térmica, como relacionados na tabela 1.

Densidade	Resistência ao movimento	Capacidade Térmica	Condutividade térmica
830 vezes maior	1214 vezes maior	3400 vezes maior	23 vezes mais alta

(BIRKNER e ROSCHINSKY, 1999).

Tabela 1: Qualidades da água em comparação com o ar.

2.1 Pressão

Em relação à pressão, em ambiente aquático, um corpo recebe uma pressão que este meio exerce sobre ele perpendicularmente e em toda superfície imersa, chamada de Pressão Hidrostática que é definida como força por unidade de área. A lei de Pascal enuncia sobre a maneira que esta pressão é transmitida ao fluido. Dessa maneira, a pressão do fluido é exercida igualmente sobre todas as áreas do corpo imerso a uma dada profundidade e é diretamente proporcional a essa profundidade. Uma profundidade maior tem conseqüentemente uma pressão maior (Campion, 2000) e está diretamente relacionada à densidade do fluido (RUOTI et al., 2000)

Durante a imersão, a pressão hidrostática opõe-se a tendência do sangue ficar nas porções inferiores do corpo, o que ajuda a reduzir edemas, auxilia também a estabilizar a articulações instáveis, colabora com o retorno venoso (Bates, Hanson, 1998), aumenta o volume de sangue torácico, diminui a frequência cardíaca (FC) e aumenta a pressão ao redor do tórax (RUOTI et al., 2000)

2.2 Empuxo

Flutuação ou empuxo é a força que age de baixo para cima e que atua contra a gravidade (Becker e Cole, 2000) e é enunciada pelo princípio de

Arquimedes. Segundo esta lei, um corpo parcialmente ou totalmente submerso na água experimentará uma força de empuxo para cima que será igual ao peso do volume de água deslocado sobre esse corpo (RUOTI et al., 2000).

2.3 Flutuação

A flutuação pode ser utilizada sob três formas: a flutuação de assistência em que o movimento é na mesma direção da flutuação; flutuação de apoio na qual o movimento é perpendicular à força da flutuação; e a flutuação de resistência na qual o movimento é oposto à flutuação (DEGANI, 1998). Dessa maneira, a carga sobre as articulações sustentadoras diminuirá, o que auxiliará na diminuição da dor, além de contribuir com o movimento das articulações rígidas em amplitudes maiores com um aumento mínimo de dor (BECKER, COLE, 2000).

2.4 Temperatura

A temperatura da água depende da situação a ser tratada. Para relaxamento é mais adequada a temperatura entre 36,7 a 37,8ºC e quando o objetivo principal for o exercício, a temperatura deverá estar entre 32,5 a 34,5ºC dependendo do grau de atividade muscular (RUOTI, MORRIS, COLE, 2000). Estas temperaturas podem ser diferentes dependendo da intensidade e do tipo do exercício e da duração da atividade, nas quais são configuradas alterações fisiológicas específicas (CAMPION, 2000).

Certas alterações fisiológicas ocorrem toda vez que os exercícios são realizados e na água os efeitos fisiológicos dos exercícios estão combinados com os efeitos que são decorrentes ao calor deste meio (CAMPION, 2000).

A troca de calor do corpo humano com o meio aquático é proporcional à intensidade da prática física e à temperatura da piscina. A condutividade térmica é cerca de 25 vezes mais rápida do que a do ar. Os seres humanos tendem a armazenar calor do corpo em águas com temperaturas elevadas e a perder calor em águas com temperaturas mais baixas. Por isto, a temperatura da água é muito importante para a permanência confortável do ser humano na água e deve ser ajustada em função da intensidade do exercício, entretanto a temperatura ideal ou confortável pode variar para diferentes pessoas (SRAMEK *et al.*, 2000; RUOTI *et al.*, 2000).

2.5 Densidade

A densidade é o que determina a flutuabilidade de um corpo, de acordo com a relação entre a massa do corpo e a massa do volume de água deslocado por este. Para flutuar é necessário que a densidade relativa do corpo seja igual a 1,0. A densidade relativa de um corpo depende da sua composição, na qual a de uma pessoa magra é maior do que a de uma pessoa gorda, o que explica o fato das pessoas gordas, mulheres e idosos flutuarem com maior facilidade (BATES e HANSON, 1998). Da mesma forma, a densidade relativa dos membros também varia. A gravidade específica de um membro, que geralmente é 1.0, pode variar em função da proporção de tecido adiposo em relação ao tecido muscular.

2.6 Viscosidade

O aumento da temperatura diminui a viscosidade da água, através do afastamento de suas moléculas, facilitando o trabalho muscular. A carga de treinamento em exercícios aquáticos está relacionada à viscosidade da água. O aumento da velocidade de movimento eleva substancialmente a carga de trabalho, gerando uma maior potência no exercício. Essa resistência da água ao movimento é chamada de “draga”. Vários fatores interferem na quantidade de draga que o corpo experimenta ao se movimentar. Serão abordados alguns deles, por serem mais específicos aos objetivos deste trabalho.

De acordo com Reischele (1993), o aumento da velocidade do movimento na água eleva de forma substancial a carga de trabalho no exercício. Por exemplo, ao se dobrar a velocidade, a resistência ao esforço se torna por volta de quatro vezes maior. A movimentação contra ou a favor do fluxo de água também interfere na resistência, aumentando ou diminuindo, respectivamente a draga.

3 EFEITOS NO SISTEMA CARDIOVASCULAR

Imediatamente após a imersão, como conseqüência da ação da pressão hidrostática, 700ml de sangue são deslocados dos membros inferiores para a região

do tórax, causando um aumento do retorno venoso, significando um aumento de 60% do volume central. A pressão intratorácica aumenta de 0,4mmHg para 3,4mmHg, a pressão do átrio direito aumenta de 14mmhg para 18mmhg e a pressão venosa central aumenta de 2 a 4 mmHg para 3 a 16mmhg, sendo que a pressão arterial pulmonar aumenta de 5 mmHg no solo para 22 mmHg em imersão. O débito cardíaco aumenta de 30 a 32% associado a uma diminuição de aproximadamente 10 batimentos por minuto ou de 4% a 5% da freqüência cardíaca em bipedestação no solo (DENISON et al.,1972; BECKER & COLE, 1997).

Parte das alterações cardiocirculatórias decorrentes da imersão é atribuída ao reflexo de mergulho, que inclui bradicardia, vasoconstrição periférica e desvio de sangue para órgãos vitais. O reflexo de mergulho ocorre em situações significativamente diferentes como, molhar a face, imergir o corpo com a cabeça fora da água e imersão total com apnéia. Nos homens é conseqüência da interação e competição de vários fatores mecânicos e neurais (RUOTI et al., 1997).

As alterações circulatórias associadas com as modificações na pele e conseqüentemente na termorregulação vão exigir cuidados durante as práticas água. Em água, em temperatura termo neutra, o calor precisa ser gerado pelo trabalho muscular, por isso os períodos de relaxamento devem ser mais curtos e o controle da perda de calor limitado por maiores períodos de imersão até o pescoço. Também pode ser preciso diminuir a duração das sessões e, se necessário, aumentar sua freqüência. No caso da temperatura elevada da água (igual ou superior a 33℃) poderá ocorrer hipertermia e o indivíduo fica com a face hiperemiada, suada, e sensação de tontura ou fadiga.

A alta condutividade da água produz trocas de calor mais elevadas na água. Essa troca de calor, em comparação com o metabolismo basal, pode se tornar cinco vezes maior do que no ambiente terrestre. A fim de manter a temperatura corporal, diante da elevada perda de calor para o meio aquático, o metabolismo corporal aumenta de 20% a 100% (DE MARÉES, 1992), de acordo com a densidade do tecido adiposo. O aumento na taxa energética permanece elevado por um período, mesmo após a saída do corpo da água.

3.1 Frequência Cardíaca (FC)

A água é um meio muito diferente do qual estamos acostumados. Ao ser inserido neste novo meio o organismo é submetido a diferentes forças físicas e em conseqüência realiza uma série de adaptações fisiológicas. A simples imersão corporal na água, do corpo estático, causa alterações fisiológicas no organismo. Essas adaptações do organismo ocorrem em nível neuromuscular, metabólico e cardiorrespiratório.

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 VO2 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. 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. A maior parcela dos estudos encontrados na literatura aponta para a existência de diminuição na FC durante a imersão, de acordo com Svedenhag e Seger (1992), Nakanishi et all (1999) e Denadai et all (1997), Como afirmam Paulev e Hansen (1972), a bradicardia decorrente da imersão é amplamente aceita, mesmo havendo discordância acerca da origem, consistência e grau de diminuição dessa alteração fisiológica.

A FC tende a permanecer inalterada em repouso e durante exercícios de baixa intensidade, mas diminui nos níveis de intensidade mais altos de exercício submáximo e máximo, em comparação com exercícios em terra (SHEDAHL et al., 1986). A FC, em adultos jovens, tende a permanecer inalterada em repouso e durante exercícios de baixa intensidade, mas diminui em intensidades mais altas de exercício submáximo e máximo, em comparação com exercícios em terra (SHEDAHL, et al., 1986).

A maior parcela dos estudos encontrados na literatura aponta para a existência de diminuição na FC durante a imersão. Como afirmam Paulev e Hansen (1999), a bradicardia decorrente da imersão é amplamente aceita, mesmo havendo

discordância acerca da origem, consistência e grau de diminuição dessa alteração fisiológica. A relação da FC e do gasto energético durante o exercício em ambiente aquático com relação ao exercício na terra é de particular importância, isso porque a FC é comumente utilizada para descrever e regular a intensidade metabólica do exercício. É comum observar que a FC, às vezes, é mais utilizada em exercícios na água em comparação com seu similar no solo. Esta resposta é em parte dependente da temperatura da água. Durante exercício de leve a moderada intensidade, em imersão com a cabeça fora da água, em temperatura termo neutra (31ºC a 33ºC), a FC não é diferente daquela durante o mesmo exercício em terra no mesmo nível de gasto energético (CONNELLY et al., 1990). A profundidade da água também afeta a FC durante o exercício ereto, sendo que, durante o exercício aeróbico na água, a FC é de 8 a 11 bpm mais baixa com água na altura do tórax do que com água pela cintura pélvica (CURETON, 2000).

Em relação a exercícios em bicicleta ergométrica realizados dentro e fora da água, Sheldahl *et al.* 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 10 bpm. 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. As FC nas intensidades mais altas foram significativamente mais baixas na água, sendo em média 12 bpm mais baixas no estágio III e 7 bpm mais baixa no IV e último estágio para Christie et al (1990) e 10 bpm mais baixa Sheldahl et al (1986).

Equações que traduzem as diferenças da FC máxima ($FC_{máx}$) do meio terrestre para o meio líquido não devem ser usadas pois a $FC_{máx}$ é influenciada, entre outros fatores, pela temperatura da água e pela profundidade de imersão. Para uma quantificação adequada da $FC_{máx}$ 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.

Em relação 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. Conforme Risch *et al.*, a FC diminui em média 13 bpm 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.*, a bradicardia média encontrada após rápida imersão até o pescoço, em comparação com a condição fora d'água, foi de 17 bpm (diferença estatisticamente significativa), mostrando-se maior para FC iniciais mais altas. Posteriormente, Kruel et al. (2002) 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 2 bpm no joelho, 9 bpm no quadril, 13 bpm na cicatriz umbilical, 16 bpm no apêndice xifóide e pescoço, 17 bpm no ombro, 12 bpm no 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, Kruel et al. (2002) mostraram resultados similares aos do estudo supracitado não revelando diferença significativa entre gêneros ou faixas etárias. Coertjens *et al.* também 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 44 bpm, 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.

4 COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATIVIDADES AQUÁTICAS

4.1 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. Magel e Faulkner (1967) utilizaram o nado atado e relataram diminuição significativa ($p < 0,05$) na $FC_{máx}$ aquática, com diferença de 12bpm. McArdle *et al* (1971) compararam natação e caminhada na esteira, concluindo que, para diferentes níveis submáximos de VO_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 (1971) 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.*(1974) realizaram testes de esforço máximo na corrida em esteira e na natação em piscina de fluxo, ou *swimming flume*, relatando valores de $FC_{máx}$ em média, 15bpm menores ($p < 0,01$) na água. Outro estudo de Holmér *et al.*(1974) envolvendo testes submáximos e máximos na corrida em esteira e em piscina de fluxo 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(1989) 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, Scolfaro *et al.*(1998) 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, de acordo com Dixon e Faulkner (1971). 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, nos artigos de Coertjens (2001). As acentuadas diferenças entre os gêneros relatadas em um dos estudos de Vilas-Boas (1989), 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.

4.2 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 (1991) 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 (1991) 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(1992) também revelou $FC_{máx}$ significativamente menor ($p < 0,01$) na água, com diminuição média de

16bpm. É importante ressaltar que, nesse estudo, para valores de VO_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 alta, como rela Denadai et all (1997).

Frangolias e Rhodes (1995) 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 $VO_{2máx}$. Resultados similares foram apontados por Nakanishi *et al.(1999)*, que observaram $FC_{máx}$ 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.(1997)* 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_{max} 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, em Denadai et al. (1997) e Town et al (1991), podem ser justificados pela execução do exercício sem a utilização de equipamento flutuante, como relata Town et al (1991), dessa forma impondo maior carga de trabalho ou, então, pela utilização da corrida em pista, segundo Denadai et al (1991), que poderia levar a valores máximos de FC superiores em comparação com a corrida na esteira.

4.3 Hidroginástica

Alguns estudos recentes compararam a FC durante a execução de exercícios típicos de hidroginástica, realizados dentro e fora do ambiente aquático. Kruel *et al.* (2001) 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 (2002) 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 demandariam 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 freqüência de bombeamento.

4.4 Ciclismo aquático

Em relação a exercícios em bicicleta ergométrica realizados dentro e fora da água, Sheldahl *et al.*(1984) 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 $FC_{máx}$ do meio terrestre para o meio líquido não devem ser usadas porque a $FC_{máx}$ é influenciada, entre outros fatores, pela temperatura da água e pela profundidade de imersão. Para uma quantificação adequada da $FC_{máx}$ 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.

5. COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ACORDO COM A 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, segundo Kruel et al (1994, 2000 e 2001), Risch et al (1978), Scolfaro (1975). Conforme Risch *et al.*(1978), 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.* (1978), 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, Kruel (1994) 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 no joelho, 9bpm no quadril, 13bpm na cicatriz umbilical, 16bpm no apêndice xifóide e pescoço, 17bpm no ombro, 12bpm no 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, Kruel *et al.* (2000) mostraram resultados similares aos do estudo supracitado, não revelando diferença significativa entre gêneros ou faixas etárias.

Da mesma forma, Coertjens*et al. (2000)* 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* (2001) 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 *et al.*[17]	Kruel[22]	Kruel *et al.*[25]	Coertjens *et al.*[26]	Kruel *et al.*[9]
Pescoço	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).

Tabela 1: Diminuição na FC em diferentes profundidades de imersão do corpo na água

6. COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DE ACORDO COM A 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 (1966) concluíram que ocorre aumento na FC de indivíduos imersos na posição vertical em temperaturas de 36 e 37ºC e diminuição na mesma em temperaturas de 35ºC 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 35,5ºC.

Analisando os efeitos de diferentes temperaturas durante a imersão em repouso e exercício no cicloergômetro, Rennie *et al.*(1971) verificaram que, na imersão em repouso, a FC média diminuiu 25% em temperaturas abaixo de 34ºC. Já na temperatura aquática de 36ºC, 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 34ºC. Já em situação de exercício intenso, a FC não revelou alterações significativas.

Holmér e Bergh (1974), pesquisando a relação entre FC e VO_2 durante a natação em diferentes temperaturas (18, 26 e 34ºC), relataram que a FC para um dado VO_2 é menor em temperaturas mais baixas e maior em temperaturas mais altas. A FC média em 18ºC foi 8bpm inferior que em 26ºC e 15bpm inferior que em 34ºC.

Resultados semelhantes foram verificados por McArdle *et al.*(1976), durante exercício em cicloergômetro nas temperaturas aquáticas de 18, 25 e 33ºC. Os exercícios realizados em água com temperatura de 33ºC não apresentaram relações entre VO_2 e FC significativamente diferentes daquelas em terra. Contudo, a FC encontrada na temperatura de 18ºC foi, em média, 5bpm menor ($p > 0,05$) do que em 25ºC e 15bpm menor ($p < 0,05$) do que em 33ºC, para um valor submáximo de VO_2 preestabelecido. A diferença de 10bpm entre os 25 e 33ºC também foi estatisticamente significativa.

Corroborando os estudos citados acima, outro estudo de Mc Murray et al (1979) também registrou diferenças nos valores de FC obtidos durante exercício em cicloergômetro nas temperaturas aquáticas de 20, 25, 30 e 35ºC, revelando aumento ou diminuição conforme respectivo aumento ou diminuição na temperatura da água. A variação mostrou-se mais acentuada em 30 e 35ºC, com valores significativamente diferentes ($p < 0,05$) daqueles encontrados em 20ºC. Em relação à FC em 35ºC, os valores médios encontrados nas temperaturas de 30, 25 e 20ºC apresentaram-se reduzidos em 6, 17 e 19bpm, respectivamente.

Mais recentemente, Müller *et al.* (2001) 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 33ºC, 24bpm na temperatura de 30ºC e 33bpm na temperatura de 27ºC. Esses autores verificaram diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) somente entre as temperaturas de 27 e 33ºC. 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[13]	Natação	De 34 para 26°C = 7bpm De 26 para 18°C = 8bpm De 34 para 18°C = 15bpm
McArdle *et al.*[33]	Cicloergômetro	De 33 para 25°C = 10bpm* De 25 para 18°C = 5bpm De 33 para 18°C = 15bpm*
McMurray e Horvath[18]	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 *et al.*[27]	Repouso	De 33 para 30°C = 7bpm De 30 para 27°C = 9bpm De 33 para 27°C = 16bpm*

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

Tabela 2: Diminuição da FC durante a imersão em diferentes temperaturas de água

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, de acordo com Sheldahl (1985). 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.

Segundo Arborelius et al (1972), essa hipervolemia central gera aumentos no volume sistólico e débito cardíaco, promovendo bradicardia reflexa decorrente da imersão. Em adição, a diminuição da atividade nervosa simpática também concorre para potencializar as respostas bradicárdicas na imersão.

Ainda, estudo recente, de Alberton et al (2002), aponta para a diminuição do peso hidrostático como fator igualmente responsável pelas modificações na FC durante a imersão, contribuindo para a bradicardia devido ao menor recrutamento muscular e conseqüente 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 $FC_{máx}$ 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 predizer a $FC_{máx}$ no meio líquido através da subtração da bradicardia aquática do valor de $FC_{máx}$ 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:

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

7 CONCLUSÕES

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 32ºC. 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 $FC_{máx}$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 $FC_{máx}$ 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 $FC_{máx}$ no meio terrestre.

REFERÊNCIAS

Alberton CL, Tartaruga LAP, Turra NA, Petkowicz RO, Müller FIG, Kruel LFM. Efeitos do peso hidrostático na freqüência 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.

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.

Avellini, B.A., Shapiro, Y., Pandolf, K.B. (1983). Cardio-respiratory physical training in water and on land. Eur. J. Applied Physiol. 50: 255-263

Barela, A.M.F.; Duarte, M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. Journal of Electromyography and Kinesiology, 2006.

Craig AB, Dvorak M. Thermal regulation during water immersion. J Appl Physiol 1966;5:1577-85.

Coertjens M, Dias ABC, Silva RC, Rangel ACB, Tartaruga LAP, Kruel 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.

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.

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

Frangolias DD, Rhodes EC. Maximal and ventilatory threshold responses to treadmill and water immersion running. Med Sci Sports Exerc 1995;7:1007-13

Harrison, r.a.; Hillman, m.; Brustrode, s. Loading of the lower limb when walking partially immersed: implications for clinical practice. Physiotherapy, v. 78, p.164-166, 1992.

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.

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

Kruel LFM, Tartaruga LAP, Dias AC, Silva RC, Picanço PSP, Rangel AB. Freqüência cardíaca durante imersão no meio aquático. Fitness & Performance Journal 2000;6:46-51.

Kruel LFM. Peso hidrostático e freqüência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água [dissertação]. Santa Maria (RS): Universidade Federal de Santa Maria, 1994.

Kruel, L.F.; Sampedro, R.M. Alterações fisiológicas no meio aquático – Uma revisão. Revista Mineira de Educação Física. Viçosa, v.5, n.2, p. 69 – 81, 1997.

Kruel LFM, Moraes EZC, Ávila AOV, Sampedro RMF. Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água. Revista Kinesis 2001;nº especial:104-29.

Magel JR, Faulkner JA. Maximum oxygen uptakes of college swimmers. J Appl Physiol 1967;5:929-38.

Masumoto, K.; Takasugi, S.; Hotta, N.; Fujishima, K.; Iwamoto, Y. Electromyographic analysis of walking in water in healthy humans. Journal of Physiological Anthropology, v. 23, n. 4, p. 119-127, 2004

McArdle WD, Glaser RM, Magel JR. Metabolic and cardiorespiratory response during free swimming and treadmill walking. J Appl Physiol 1971;5:733-8.

McMurray RG, Horvath SM. Thermoregulation in swimmers and runners. J Appl Physiol 1979;6:1086-92.

Müller FIG, Santos E, Tartaruga LP, Lima WC, Kruel LFM. Comportamento da freqüência cardíaca em indivíduos imersos em diferentes temperaturas de água. Revista Mineira de Educação Física 2001;1:7-23.

Nakanishi Y, Kimura T, Yokoo Y. Maximal physiological responses to deep water running at thermoneutral temperature. Appl Human Sci 1999;2:31-5.

Paulev PE, Hansen HG. Cardiac responses to apnea and water immersion during exercise in man. J Appl Physiol 1972;2:193-8.

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.

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.

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.

Ritchie SE, Hopkins WG. The intensity of exercise in deep-water running. Int J Sports Med 1991;1:27-9.

Scolfaro LB, Marins JCB, Regazzi AJ. Estudo comparativo da freqüência cardíaca máxima em três modalidades cíclicas. Revista da APEF 1998;1:44-54.

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.

Sheldahl LM. Special ergometric techniques and weight reduction. Med Sci Sports Exerc 1985;1:25-30.

Sobrinho, C.C. A natação e as guerras. Ver. Brasileira de Educação Física. 1975; 28:37-43

Svedenhag J, Seger J. Running on land and in water: comparative exercise physiology. Med Sci Sports Exerc 1992;10:1155-60.

Srámek, P.; Simecková, M.; Janský, L.; Savlíková, J.; Vybíral, S. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. European Journal of Applied Physiology, v. 81, n. 5, p. 436-442, 2000.

Town GP, Bradley SS. Maximal metabolic responses of deep and shallow water running in trained runners. Med Sci Sports Exerc 1991;2:238-41.

Vilas-Boas JP. Valores máximos da freqüência cardíaca obtidos em natação e em tapete rolante. Revista Portuguesa de Medicina Desportiva 1989;7:109-25.