

Universidade Federal de Juiz de Fora
Pós-Graduação em Educação Física e Desportos
Mestrado em Educação Física e Desportos

Jonas Almeida Neves Martins

VARIÁVEIS DE CONTROLE DO ESFORÇO EM BICICLETA AQUÁTICA

Juiz de Fora

2010

Jonas Almeida Neves Martins

VARIÁVEIS DE CONTROLE DO ESFORÇO EM BICICLETA AQUÁTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em 20 de abril de 2010, área de concentração: Aspectos Biodinâmicos do Movimento Humano da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima

Juiz de Fora

2010

Jonas Almeida Neves Martins

VARIÁVEIS DE CONTROLE DO ESFORÇO EM BICICLETA AQUÁTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física, área de concentração: Aspectos Biodinâmicos do Movimento Humano da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em: __ / __ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. José Marques Novo Junior
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Luiz Fernando Martins Kruehl
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

“De que servem todos os conhecimentos do mundo, se não somos capazes de transmiti-los aos nossos alunos?” De que servem as dúvidas se não soubermos respondê-las? Para tudo na vida existe uma resposta, basta saber procurar. “O bom artista copia, o grande artista rouba idéias”, Da duvida nasce a pesquisa, que da pura e ingênua verdade em tão pouco tempo, quebra uma esquina, e segue seu caminho em busca da nascente dúvida!

AGRADECIMENTOS

A Deus, que permitiu realizar este desafio!

Aos meus pais, Rubens e Alice, que acreditaram e incentivaram a cada momento no desenvolvimento do projeto da Hidrocycle®, desde o apoio moral ao financeiro. A minha mãe pelo apoio em todos os momentos, ao meu pai, pela luta e sacrifício dado em cada momento para a execução do projeto. A meu irmão Caio pelas críticas e incentivo. A minha filha Lara, pela alegria que trás a nossa família e pela motivação que tem dado a cada dia na busca de novos desafios.

Ao meu professor orientador, Dr. Jorge Roberto Perrout de Lima (Jorginho), que contribuiu em todo o processo da realização do projeto Hidrocycle®, quem permitiu que eu fosse buscar as respostas de minhas dúvidas, incentivador, cedeu o curso de redação de patentes, para que eu pudesse encaminhar o pedido de patente do equipamento que deu origem ao presente estudo.

Aos companheiros do Laboratório de Métodos Gráficos, Vitor Costa, Leonardo Pertence, Dihogo Mattos, Hugo Amaral, que passaram dias na rotina da coleta de dados, momento de crescimento de todos nós!

Aos voluntários, que cederam seu suor e tempo.

Aos funcionários do CAS/HU que permitiram o andamento de nossas pesquisas no local.

Ao secretário de pós-graduação, Roberto Matos, pelas inúmeras ajudas burocráticas.

Aos professores do programa do Mestrado, que em suas disciplinas colaboraram para o engrandecimento do conhecimento transmitido.

A todos aqueles que estiveram envolvidos diretamente e indiretamente incentivando a cada momento.

A todos o meu Muito Obrigado!

RESUMO

A bicicleta aquática *Hidrocycle*® possui sistema para gerar resistência, denominado *Evolution*®, que consiste em quatro calhas retangulares dispostas perpendicularmente movimentadas pelo giro dos pedais. Neste sistema há duas maneiras para controlar a carga: 1) velocidade de pedalada (RPM) e 2) alteração da área frontal das calhas (AF) em três níveis, AF1, AF2 e AF3. Para utilização mais precisa no treinamento, torna-se necessário o estudo das variáveis que atuam no controle da intensidade do exercício do sistema *Evolution*®, frequência cardíaca (FC), percepção do esforço (PE), tensão muscular, consumo de oxigênio (VO_2), gasto calórico e concentração de lactato [La] em resposta às variações de RPM e AF. Portanto, os objetivos do estudo foram verificar: 1) A resposta da FC e PE em teste progressivo de esforço realizado em duas profundidades, cicatriz umbilical e processo xifóide; 2) Identificar VO_{2max} , $[La]_{max}$, FC_{max} e PE para cada AF do sistema *Evolution*® em protocolo progressivo de cargas e prever o gasto calórico e potência gerada protocolo de carga submáxima constante. Para o estudo 1, a amostra foi constituída por 10 homens e mulheres ativos, submetidos a dois testes progressivos, um em cada profundidade. Para o estudo 2, 15 homens, fisicamente ativos realizaram 3 testes máximos, um com cada AF e um teste de carga constante submáxima para predição do gasto calórico e potência gerada. No estudo 1, os valores máximos de FC e PE apresentaram diferenças estatisticamente significantes ao serem comparados nas duas profundidades. Já a FC por estágio de RPM, apresentou a partir do terceiro estágio tendência a ser mais alta, sendo evidente a diferença a partir do sétimo estágio na altura do processo xifóide. O estudo 2 verificou-se que não há diferença nos valores máximos de FC, VO_2 , [La] e PE nas 3 AF estudadas em teste máximo, porém os valores ocorrem em RPM diferentes, revelando que quanto maior a AF, menor é a RPM para se atingir os máximos para FC, VO_2 , [La¹] e PE. Para o mesmo estudo, permitiu prever o VO_2 a partir das variáveis AF, RPM. Conclui-se que o sistema *Evolution*® da bicicleta aquática *Hidrocycle*® permite adequar a sobrecarga de exercício, assim como sua predição facilitando a aplicação do equipamento nas diversas áreas do treinamento físico.

Palavras Chave: Frequência Cardíaca. Consumo de Oxigênio. Lactato. Percepção do Esforço.

ABSTRACT

The aquatic bicycle Hidrocycle® has a system to generate resistance, called Evolution®, which consists of four rectangular troughs arranged perpendicularly moved by the rotation of the pedals. In this system there are two ways to control the load: 1) the pedaling speed (rpm) and 2) change in the frontal area of ducting (AF) in three levels, AF1, AF2 and AF3. To use more precise training, it is necessary to study the variables that act in the control of exercise intensity Evolution® system, heart rate (HR), perceived exertion (PE), muscle tension, oxygen consumption (VO₂) and lactate concentration [La] in response to changes in RPM and AF. Therefore, the objectives of the study were: 1) The response of HR and PE in the progressive effort test performed at two depths, umbilicus and xiphoid process, 2) Identify VO_{2max}, [La]_{max}, and PE for each AF system Evolution® protocol in progressive loads and to predict the VO₂. For study 1, the sample consisted of 10 active men and women who underwent two progressive tests, one in depth. For study 2, 15 men, physically active performed area submitted to 3 maximal tests, one each with AF and a test of submaximal constant workload to predict the caloric expenditure and power generated. In study 1, the maximum values of HR and PE showed no statistically significant differences when comparing the two depths. The HR for stage RPM, presented from the third stage tend to be higher in height of the xiphoid process. In study 2, there was no difference in the maximum values of HR, VO₂, [La] and PE in 3 AF studied in maximal test, but the values occur at different rpm, showing that the higher the AF, the less RPM to achieve the maximum for HR, VO₂, [La] and PE. Since the study incremental load predicted VO₂ from the variables AF, RPM. We conclude that the system Evolution® aquatic bicycle Hidrocycle® to tailor the exercise overload, as well as the prediction equity to facilitate the implementation of the equipment in the various areas of physical training.

Keywords: Heart Rate. Oxygen Consumption. Lactate. Perception of Effort.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fotografia 1 Bicicleta aquática HIDROCYCLE ® e detalhe do sistema de pás, as que oferecem resistência. (Bicicleta Aquática Pat. Req. MU8501102, Sistema de Calhas com Resistência Variável para Bicicleta Aquática Pat. Req. MU8702895)	19
Gráfico 1 Comportamento da FC em resposta ao aumento da RPM nas duas profundidades estudadas. *p<0,05. Fonte: o autor	21
Gráfico 2 Percepção do Esforço central nas profundidades da cicatriz umbilical e processo xifóide.	23
Gráfico 3 Percepção do Esforço Periférica nas profundidades da cicatriz umbilical e processo xifóide.	24
Fotografia 2 Ambiente de coletas de dados	30
Gráfico 4 Curva de VO ₂ em RPM em resposta a cada AF testada.	33
Gráfico 5 FC em resposta ao aumento da RPM nas três situações de AF.	34
Gráfico 6 PE - C em resposta ao aumento da RPM nas três situações de AF.	34
Gráfico 7 PE - P em resposta ao aumento da RPM nas três situações de AF.	35
Gráfico 8 Representação da curva do VO ₂ quando utilizado a Área Frontal 1 (AF1)	35
Gráfico 9 Representação da curva do VO ₂ quando utilizado a Área Frontal 1 (AF2)	36
Gráfico10 Representação da curva do VO ₂ quando utilizado a Área Frontal 1 (AF3)	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Máximos obtidos nas profundidades da Cicatriz Umbilical(U) e Processo Xifóide (X)	20
Tabela 2 Valores de FC e RPM nas duas profundidades.....	21
Tabela 3 PE central e periférica nas profundidades da cicatriz umbilical e processo xifóide.	22
Tabela 4 Valores máximos obtidos no teste progressivo	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 DESENVOLVIMENTO	15
2.1 OBJETIVOS	15
2.2 ESTUDO 1: “FREQUÊNCIA CARDÍACA E PERCEPÇÃO DO ESFORÇO NO CICLISMO AQUÁTICO EM DUAS PROFUNDIDADES (CICATRIZ UMBILICAL E PROCESSO XIFÓIDE).”	16
2.2.1 <u>Materiais e Métodos</u>	17
2.2.2 <u>Resultados</u>	20
2.2.3 <u>Discussão</u>	24
2.3 ESTUDO 2: “SISTEMA EVOLUTION E SUA INFLUÊNCIA NAS VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS NO CONTROLE DA CARGA NA BICICLETA AQUÁTICA HIDROCYCLE®.”	27
2.3.1 <u>Materiais e Métodos</u>	29
2.3.2 <u>Resultados</u>	32
2.3.3 <u>Discussão</u>	36
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERENCIAS	43
ANEXOS	49

1 INTRODUÇÃO

As atividades físicas praticadas no meio aquático, tem se desenvolvido cada vez mais, justificada pelas propriedades físicas da água, que permite a melhoria no sistema cardiorrespiratório, da força muscular, flexibilidade e buscar ainda diminuir o impacto nas articulações envolvidas. Com isso, tem se observado o crescimento e sofisticação dos métodos de condicionamento físico e reabilitação física realizados neste meio. A utilização de equipamentos desenvolvidos especialmente para uso aquático como aquafins, halteres, barras, trampolins, esteiras, elípticos e bicicletas são exemplos desta modernização.

As bicicletas aquáticas têm sido utilizadas para o fitness em aulas de forma coletiva, circuitos e ainda em treinamento personalizado além do seu uso na hidroterapia. A modalidade, que utiliza bicicleta na água tem sido denominada de ciclismo aquático (CA). Nos cicloergômetros terrestres, a potência desenvolvida é resultado da combinação entre cadência da pedalada e carga friccional, podendo ser mecânica, eletromagnética, hidráulica ou aerodinâmica. Na bicicleta aquática, a força resistiva é desenvolvida em função da velocidade da pedalada (RPM) e pela área frontal projetada ou área frontal (AF) exposta ao movimento (Martins et. al, 2007). A resistência gerada no ambiente aquático é determinada pela fórmula $FD = \frac{1}{2} (\rho \times A \times CD \times v^2)$, (PÖYHÖNEN et. al.(2001) onde (FD) é a força de arrasto hidrodinâmico, (ρ) a densidade do fluido, (v) a velocidade de deslocamento do corpo ou objeto, (A) é a área de secção transversa máxima do corpo na direção do deslocamento ou área frontal (AF) e (CD) o coeficiente de forma, grandeza que exprime a dependência da força relativa às variáveis (ρ), (v) e (A) em relação a forma do objeto que se desloca.

O meio aquático apresenta particularidades como, densidade 830 vezes maior que o ar, resistência ao movimento de 1214 vezes maior do que o ar (Birkner e Roschinsky, 1999), viscosidade, causada pelo atrito entre as moléculas do fluído, que no ar esta resistência é mínima podendo ser desprezada no movimento em baixas velocidades, e que na água, as forças de coesão e adesão entre moléculas e tensão superficial aumentam a viscosidade aumentando oposição ao movimento em relação ao mesmo movimento realizado no ar. O aumento da velocidade do movimento na água oferece um aumento da resistência ao movimento

instantaneamente. Esta resistência é denominada de força de arrasto (F_d) ou draga. A F_d contra o movimento é gerada principalmente em resposta a velocidade de deslocamento. Ao aumentarmos a velocidade, a resistência é aumentada em fator quadrático. Segundo Pöyhönen et. al 2000, a magnitude da F_d , pode depender também da seção transversal ou AF exposta ao movimento e pelo CD, coeficiente de arrasto de forma, que pode diminuir consideravelmente a F_d .

A bicicleta aquática Hidrocycle® (Martins, 2005), foi desenvolvida para gerar sobrecarga ao aumento da velocidade de pedalada (RPM) e principalmente pela variação da AF. O sistema que permite a modificação da sobrecarga pela alteração da RPM e da AF é denominado sistema EVOLUTION®, o qual permite três níveis, cada uma medindo 500, 580 e 660 cm² de AF para possibilitar maior adequação da sobrecarga ao indivíduo.

Estudos envolvendo o uso de cicloergômetros e bicicletas adaptadas para uso aquático foram realizados a fim de identificar a resposta da frequência cardíaca (FC), (Christie et. al, 1990; Chenn et.al, 1996; Ferreira et. al, 2005; Martins e Lima 2005; Martins et. al, 2007; Derez et. al, 2008), consumo de oxigênio (VO_2), (Shapiro et. al, 1981; Sogabe et. al, 1987; Chenn et. al, 1996; Bréchat et. al, 1999; Park et. al, 1999; Almeling et. al, 2006;), Percepção do esforço, (Martins e Lima, 2005; Martins et. al, 2007; Derez et. al, 2008; Ferreira et. al, 2005), lactato de pico (Bréchat et. al, 1999), atividade muscular (Carvalho, 2008) e gasto energético (Bréchat et. al, 1999). Portanto estes estudos foram realizados com diferentes tipos de cicloergômetros ou bicicletas e ainda com particularidades metodológicas, exceto nos estudos realizados por Martins e Lima 2005; Martins et. al, 2007 que utilizaram a mesma bicicleta aquática Hidrocycle®.

Além das propriedades físicas da água que podem alterar as respostas fisiológicas durante o exercício físico realizado neste ambiente, o nível de imersão do corpo na água tem mostrado influência nas respostas fisiológicas ao exercício praticado na água. A redução na FC durante o repouso em resposta ao aumento da imersão do corpo na água foi observada por Krueel et al 2002, ao submeter indivíduos na posição ortostática a diferentes profundidades. Durante o exercício, a FC também sofre alterações as quais dependem da profundidade do corpo imerso, posição corporal e temperatura da água (Graef e Krueel 2006). Segundo Echt et al,

(1974) e Lange et al, (1974) ao submeter o corpo em imersão, ocorre desvio do fluxo sanguíneo da periferia para região torácica, desvio este que resulta em diminuição da FC. Em exercícios de hidroginástica, Kruehl et al (2001), verificaram bradicardia no exercício realizado em profundidade da linha d'água na altura do ombro, em relação à profundidade da cicatriz umbilical e fora d'água. Além da FC, a PE, valor que reflete o nível de dificuldade percebido durante o exercício, tem revelado ser um bom parâmetro para o controle do exercício aquático, como natação e hidroginástica (Maglischo 1999, AEA 2001), e também é um parâmetro que segundo Lazzari e Mayer (1997) apresenta mais elevada em exercício realizado na água do que na terra.

Estudos realizados com a bicicleta aquática Hidrocycle® envolvendo FC e PE, revelaram aumento nestas variáveis em resposta ao aumento da cadência de pedalada (Martins e Lima 2005). Também em teste progressivo, o ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) foi estudado sendo possível sua visualização em 82% dos casos (Martins et. al. 2007). Portanto a FC e a PE ainda não foram estudadas comparando o nível de imersão no exercício praticado com bicicleta aquática Hidrocycle®. O nível de imersão em situação de teste progressivo com AF fixa, é necessário para o entendimento destas variáveis quanto a prática do ciclismo aquático sobre influencia de diferente imersão, água na altura do processo xifóide (P.XIF) e na altura da cicatriz umbilical (C.UMB). Ainda que os estudos realizados com a bicicleta aquática Hidrocycle® para identificação da FC e FE, foram realizados utilizando o fator RPM para aumento da Fd, não sendo observado o fator AF, portanto para maior entendimento do funcionamento do sistema EVOLUTION® são necessários o entendimento da FC, PE em teste progressivo por rotação, submetendo as três variações de AF do sistema. Esta investigação permitirá conhecer também as respostas do VO_2 e [La] final possibilitando conhecer o nível de esforço gerado durante a atividade nas três situações de AF propostas no estudo.

2 DESENVOLVIMENTO

O estudo atendeu as normas para a realização de pesquisa em seres humanos do Conselho Nacional de saúde, Resolução 196/96, de 10/10/1996. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos do Hospital Universitário e Centro de Assistência a Saúde da Universidade Federal de Juiz de Fora (CEP-HU/CAS – UFJF) com o parecer de número de 0031/09 (Anexo A). Para os estudos foram recrutados 25 voluntários. Todos os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo B) e se prontificaram a participar dos estudos. A fundamentação teórica e as coletas de dados foram realizadas Laboratório de Métodos Gráficos e no Centro de Hidroterapia no setor de Fisioterapia do Centro de Assistência à Saúde da Universidade Federal de Juiz de Fora, (CAS/HU-UFJF).

Partindo das hipóteses que o aumento da profundidade da realização do exercício pode provocar alteração nas variáveis psicofisiológicas, FC e PE; a manipulação da AF do sistema Evolution® pode acarretar aumento da sobrecarga do exercício praticado na bicicleta aquática Hidrocycle®, a presente dissertação foi elaborada a partir de três objetivos que foram desenvolvidos em dois artigos apresentados a seguir.

2.1 OBJETIVOS

- Verificar a resposta da FC e PE ao nível de imersão da coluna d'água em teste progressivo na bicicleta aquática Hidrocycle®;
- Conhecer os valores de consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}), percepção do esforço (PE), frequência cardíaca máxima FC_{max} e Lactato máximo (La_{max}) em teste progressivo na bicicleta aquática Hidrocycle® nas três situações de AF do sistema EVOLUTION®;
- Predizer o consumo de oxigênio a partir de equação de regressão múltipla para cada AF proposta.

2.2 ESTUDO 1: FREQUÊNCIA CARDÍACA E PERCEPÇÃO DO ESFORÇO EM BICICLETA AQUÁTICA HYDROCYCLE® EM DUAS PROFUNDIDADES (CICATRIZ UMBILICAL E PROCESSO XIFÓIDE)

Equipamentos convencionais utilizados para treinamento cardiorrespiratório e resistência muscular como trampolins, esteiras e bicicletas têm sofrido adaptações e sido utilizados na água como forma de dinamizar o treinamento no meio aquático. Dentro destas tendências, o ciclismo aquático é uma modalidade que requer a utilização de bicicletas adaptadas para o uso na água. Nos cicloergômetros terrestres, a potência desenvolvida é resultado da combinação entre cadência da pedalada e carga friccional podendo ser mecânica, eletromagnética, hidráulica e aerodinâmica. Na bicicleta aquática, a carga resistiva é desenvolvida principalmente em função da velocidade da pedalada (RPM), e pela da área frontal (AF) exposta contra ao movimento (Martins et. al, 2007).

A FC é um dos parâmetros mais simples para se medir informações cardiovasculares, reflete a intensidade do exercício aeróbio, (Wilmore e Costil 1999) e ainda apresenta forte relação com o consumo de oxigênio em determinada faixa de esforço (Scolfaro et. al 1988; Graef e Kruehl 2006). Outra forma de também quantificar a intensidade do exercício de fácil aplicação e baixo custo é a percepção do esforço (PE) que, segundo Garcin et al. (1998) a PE aumenta de acordo com a intensidade do exercício. A PE tem sido amplamente utilizada para controlar o exercício em meio aquático. Maglischo (1999) considera a escala de Borg um bom instrumento para avaliar a intensidade relativa do exercício na natação. Da mesma forma, a Aquatic Exercise Association (2001), recomenda o uso da escala na estimativa da intensidade dos exercícios na hidroginástica. Em cicloergômetros terrestres o comportamento e as relações entre as variáveis FC, PE e intensidade do exercício já são bem esclarecidas. Segundo DIAS et. al (2007) a FC e a PE aumentam de acordo com a intensidade do exercício no cicloergômetro terrestre. BORG (2000) mostra a existência de relação linear entre a FC e PE com uma correlação variando entre 0.80 a 0.90. No ciclismo aquático, a FC tem sido foco de estudo, principalmente em comparação entre a FC na água e na terra em intensidades submáximas e máximas. Chenn et.al (1996) em comparar a FC em intensidade máxima em bicicleta adaptada para água, observaram valores de FC

mais baixos na água que na terra para o mesmo esforço em bicicleta padrão Monark acoplada ao sistema na água. Christie et al (1990) observaram que em intensidade submáxima em bicicleta aquática a FC não se apresentou diferente da encontrada em bicicleta na terra. Ferreira et al (2005) observaram menor valor da FC somente em baixa intensidade ao comparar o ciclismo aquático com o ciclismo indoor. Martins e Lima (2005, 2007) verificaram que a FC e a PE aumentam em relação ao aumento da cadência de pedalada, proporcionalmente no ciclismo aquático.

O nível de imersão do corpo na água tem mostrado influência nas respostas de FC e tem se observado redução na FC de repouso em resposta ao aumento da imersão do corpo na água (Kruel et al 2002). Durante o exercício, a FC também sofre alterações as quais dependem da profundidade do corpo imerso, posição corporal e temperatura da água (Graef e Kruel 2006). Segundo Echt et al, (1974) e Lange et al, (1974) ao submeter o corpo em imersão, ocorre desvio do fluxo sanguíneo da periferia para região torácica, que resulta em diminuição da FC. Em exercícios de hidroginástica, Kruel et al, (2001), verificaram bradicardia no exercício realizado em profundidade da linha d'água na altura do ombro, em relação à profundidade da cicatriz umbilical e fora d'água. Já a PE tem se mostrado mais elevada em exercício realizado na água do que realizado em terra, (Lazzari e Meyer, 1997).

Visto que ocorrem alterações na FC comparando o exercício em terra com exercício submerso e que o nível da imersão também provoca alterações na FC, ainda não são conhecidas as respostas da FC e PE ao nível da profundidade no exercício praticado em bicicleta aquática Hidrocycle®. Portanto, o objetivo do presente estudo é verificar possíveis diferenças na FC e PE em duas profundidades diferentes, cicatriz umbilical e processo xifóide em resposta a aplicação de protocolo incremental na bicicleta aquática Hidrocycle®.

2.2.1 Materiais e Métodos

Sujeitos

Foram avaliados 10 indivíduos de ambos os sexos com $20 \pm 2,4$ anos $171 \pm 7,6$ cm de estatura e $67 \pm 8,7$ kg, todos fisicamente ativos. Todos assinaram termo de consentimento livre e esclarecido, de acordo com resolução do CNS 196/96. O

estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP-HU CAS/UFJF parecer número 0031/2009.

Os voluntários foram orientados a não realizarem atividade física vigorosa nas 48 horas precedentes ao teste, foram também instruídos a manterem sua dieta normal e a não fazerem uso de cafeína ou outro tipo de estimulante nas horas precedentes ao teste.

Bicicleta Aquática

Foi utilizada bicicleta aquática Hidrocycle®, a qual possui regulagem de altura do quadro para ajuste da linha da água, permitindo que todos os indivíduos realizassem o teste com a linha d'água na altura da cicatriz umbilical ou do processo xifóide. O aumento da carga resistiva na bicicleta aquática utilizada ocorre por duas maneiras. A primeira diz respeito à velocidade de pedalada, RPM, que influencia diretamente no aumento ou diminuição da resistência gerada pela água já que o funcionamento do sistema de carga é constituído por um sistema de quatro calhas dispostas perpendiculares entre si e acoplado diretamente ao giro do pedal com sistema de transmissão direta 1:1 (uma volta completa no pedal reflete em uma volta completa do sistema de calhas). A segunda forma de alterar a carga resistiva é pela alteração do tamanho da área frontal (AF) das calhas por um sistema que permite a modificação da sobrecarga pela alteração da RPM e da AF, denominado sistema EVOLUTION®, o qual permite três níveis de AF, cada um medindo 500, 580 e 660 cm², para possibilitar maior adequação da sobrecarga ao indivíduo. No presente estudo, manteve-se constante a AF e utilizou-se o aumento da RPM para obtenção de cargas de trabalho crescentes.



Fotografia1: Bicicleta aquática HIDROCYCLE ® e detalhe do sistema de calhas, que oferecem resistência. (Bicicleta Aquática Pat. Req. MU8501102, Sistema de Calhas com Resistência Variável para Bicicleta Aquática Pat. Req. MU870289-5).

Fonte: o autor

Local

Os testes foram realizados na piscina do Centro de Assistência à Saúde do Hospital Universitário da Universidade Federal de Juiz de Fora (CAS/HU) com profundidade mínima da coluna d'água de 130 cm e com temperatura controlada entre 28°C e 30°C.

Procedimentos

Foi aplicado protocolo incremental para bicicleta aquática proposto por Martins et al (2007), o qual consiste em aquecimento com 5 minutos de duração e cadência de 50 RPM, seguido de pausa de 2 minutos, com início do teste ao final da pausa com cadência de 50 RPM aumentando 3 RPM a cada minuto até a exaustão do voluntário. Os Voluntários foram instruídos para utilização da escala CR10 de Borg (2000), orientados a não realizarem atividade física vigorosa nas 48 horas precedentes ao teste, manterem sua dieta normal atentando ao não uso de estimulantes e não realizarem atividade física de intensidade vigorosa por até 48 horas precedentes ao teste. O teste foi realizado em duas situações distintas e aleatórias quanto ao nível de profundidade a ser testada. O indivíduo realizava os testes com profundidade da linha d'água na altura da cicatriz umbilical (C. UMB) ou na altura do processo xifóide (P. XIF), separados por um período de 48 horas. A cadência de pedalada foi orientada por dispositivo metrônomo sonoro marca Quick

Time[®] – Quartz Metrômeno[®]. Para imersão correta nos pontos anatômicos propostos, foram feitos os ajustes de regulagem de altura do quadro na bicicleta aquática quando necessários. Os indivíduos foram orientados a realizar um ciclo de pedalada sem solavancos, realizando uma pedalada “redonda”, para uma melhor marcação do ritmo e melhor eficiência da aplicação de força. A monitoração da FC foi realizada pelo monitor cardíaco Polar FS2, e registrada ao final de cada estágio. Os valores para PE foram registrados ao final do estágio tanto para desconforto cardiorrespiratório, denominado de central quanto muscular denominado de periférico.

Tratamento estatístico

Foi utilizada estatística descritiva, média e desvio padrão para caracterização da amostra. Para análise das diferenças entre RPM_{max} atingidas da amostra, FC_{max} e PE nas duas profundidades estudadas foi realizado teste de normalidade de Shapiro-Wilk, averiguando não normalidade dos dados. Foi utilizado teste de Wilcoxon ($p < 0,05$) para comparar as variáveis máximas nas duas profundidades estudadas.

Foi utilizado Anova com dois fatores (quais fatores) para medidas repetidas, seguida de teste post hoc de Tukey ($p < 0,05$) para diferenciação entre as curvas de FC e PE em relação ao aumento da RPM nas duas profundidades estudadas.

2.2.2 Resultados

Variáveis Máximas

O presente estudo apresentou valores de RPM_{max} , FC_{max} e PE como mostra a tabela 1, apresentando diferença estatística significativa para a variável FC_{max} , PEC e PEP entre as duas profundidades, revelando maiores valores para a imersão na altura de P.XIF. Já a RPM_{max} , não apresentou diferente nas duas situações.

Tabela 1: Valores Máximos obtidos durante o protocolo estudado na situação de imersão para Cicatriz Umbilical e Processo Xifóide. Fonte: o autor

	MD	DP	MIN	MAX
FC X. MAX	191,2*	9,9	180	204
FC U. MAX	184,4	12,7	171	205
RPM X. MAX	74,6	6,3	65	83
RPM U. MAX	73,7	4,8	65	77
PEC X. MAX	10*	-	10	10
PEC U. MAX	9,6	0,9	8,0	10
PEP X. MAX	10*	-	10	10
PEP U. MAX	9,6	0,9	8,0	10

Frequência Cardíaca por RPM

As curvas de FC e RPM foram observadas nas duas situações distintas em reposta ao aumento da RPM. Nos estágios iniciais, RPM 50 e 53, não houve diferença na resposta da FC à imersão. A partir do terceiro estágio observou-se FC mais elevada na altura de P.XIF, com diferença estatística significativa para $p < 0,05$ na FC, como aponta o gráfico 1 e tabela 2 a seguir.

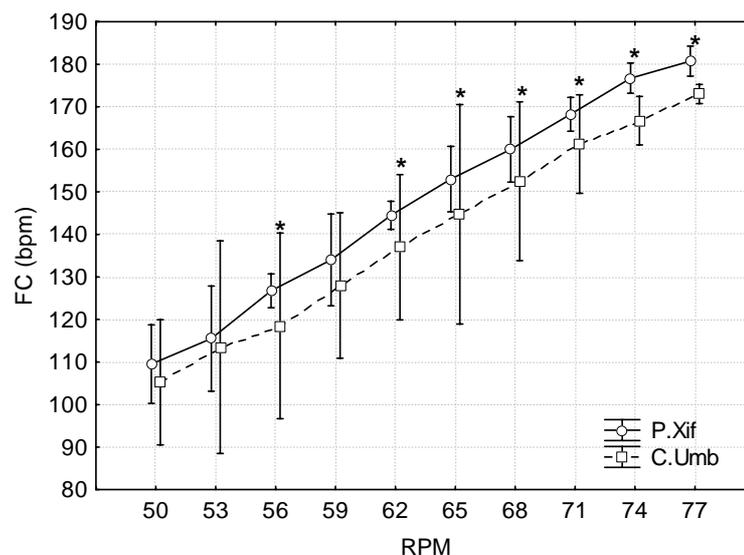


Gráfico 1: Comportamento da FC em resposta ao aumento da RPM nas duas profundidades estudadas. * $p < 0,05$. Fonte: o autor

Tabela 2: Disposição dos valores de FC e RPM nas duas profundidades.
*p<0,05. Fonte: o autor

	FC Xif	Dp FC Xif	FC Umb	Dp FC Umb
50	112	5,8	112	10,6
53	119	10,0	125	19,9
56	131*	9,4	133	22,3
59	140	14,1	141	22,7
62	150*	14,3	151	20,8
65	158*	14,4	159	21,7
68	165*	8,8	158	12,2
71	175*	9,5	168	11,1
74	184*	9,3	175	12,2
77	189*	11,1	173	1,4

Percepção do Esforço por RPM nas duas profundidades

Com o aumento da cadência, a percepção do esforço central (PEC) e periférica (PEP) não apresentaram diferenças nas profundidades estudadas para $p < 0,05$ conforme mostram a tabela 3 e os graficos 2 e 3.

Tabela 3: PE central e periférica nas profundidades da cicatriz umbilical e processo xifóide.
Fonte: o autor

RPM	PEC				PEP			
	C. UMB		P. XIF		C. UMB		P. XIF	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
50	1,2	0,6	1,4	0,8	1,4	1	1,4	0,8
53	1,5	0,7	2,3	1	2,1	1,7	2,3	1
56	2	0,9	3	1,3	2,9	2,3	3	1,3
59	2,7	1,1	4	2	3,5	2,5	4	2
62	3,7	1,5	5	2,6	4,6	2,7	5	2,6
65	4,7	1,8	6	2,8	5,5	2,8	6	2,8
68	5,3	1,6	6,4	1,8	5,6	1,8	6,4	1,8
71	7,1	1	7,5	0,7	7,3	1,2	7,5	0,7
74	8,3	1,2	8,5	0,7	8,5	1,3	8,5	0,7
77	9,6	0,9	9,9	0,3	9,6	0,9	9,9	0,4
80	-	-	9,5	0,7	-	-	9,5	0,7
83	-	-	10	-	-	-	10	-

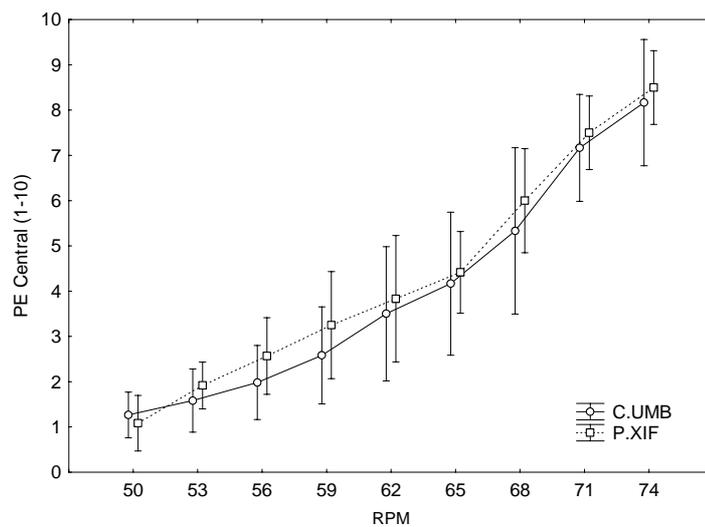


Gráfico 2: Percepção do Esforço central nas profundidades da cicatriz umbilical e processo xifóide. Fonte: o autor

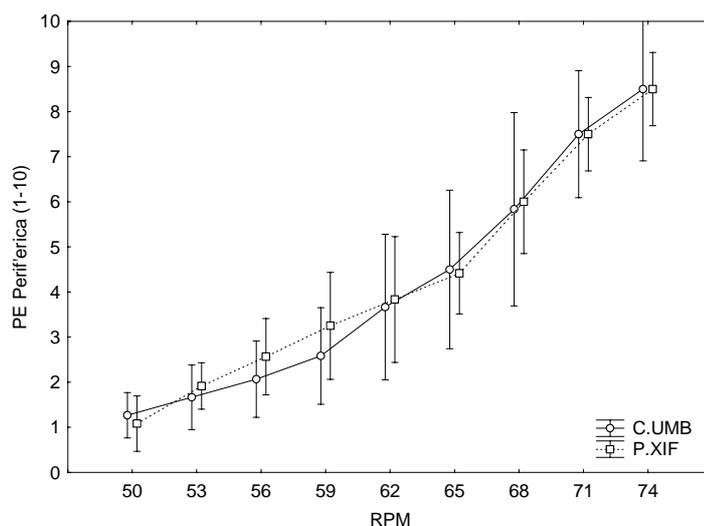


Gráfico 3: Percepção do Esforço Periférica nas profundidades da cicatriz umbilical e processo xifóide. Fonte: o autor

2.2.3 Discussão

Os achados do presente estudo mostraram que o aumento da profundidade resultou em diferenças na FC_{max} , na PEC, PEP, com a mesma RPM. Na situação submáxima, análise da curva de FC e dos valores de PEC e PEP, a FC apresentou-se a partir do terceiro estágio uma tendência em ser mais alta na altura do P. Xif, se mantendo a partir do quinto estágio mais elevada que a encontrada na altura da C. Umb. Echt et al (1974) e Lange et al (1974) referem que a bradicardia na água está diretamente relacionada ao aumento do grau de imersão e por conseqüência ao aumento da pressão hidrostática sobre o indivíduo, implicando que, quanto maior for a profundidade de imersão, maior será a redução da FC no repouso, devido ao desvio de fluxo sanguíneo para a região central do corpo, influenciando no aumento do retorno venoso, conseqüentemente no volume diastólico final do ventrículo esquerdo. Segundo Christie et al. (1990), o aumento do volume sistólico reflete em menor freqüência cardíaca durante a imersão na situação de repouso, portanto a demanda por suprimentos musculares durante o exercício em altas intensidades, o mecanismo de desvio de fluxo pela pressão hidrostática torna-se enfraquecido, pois o volume de ejeção elevado passa a ser necessário para suprir a demanda do exercício intenso, podendo a FC_{max} chegar próxima da encontrada em terra. (Rennie et. al 1971). Ferreira et al. (2005) afirmam que a pressão hidrostática e a flutuação do corpo, dada pela força de empuxo da água facilitam o deslocamento sanguíneo para região central do corpo, aumentando o volume sistólico e diminuindo a FC. No

presente estudo, o maior grau de imersão, acarretou em maior FC_{max} , a partir do terceiro estágio e mais notoriamente a partir do sétimo estágio, onde a intensidade do exercício já se aproximava do máximo. Possível justificativa para o fenômeno encontrado pode vir pela maior dificuldade do indivíduo se manter na bicicleta aquática em maior grau de profundidade, já que existe uma força de reação ao corpo submerso, a força de empuxo que joga o indivíduo para cima, acarretando no indivíduo ter que se esforçar mais para se manter na posição adequada na bicicleta aquática refletindo em maiores valores de FC e PE como apresentaram no presente estudo. Alguns estudos apontaram maiores valores de FC quando comparados exercício em terra e na água, e também quando realizados em água rasa e profunda. Johnson et al. (1977) encontraram valores significativos maiores para a FC em exercícios executados na água comparados aos realizados em terra. Whitley e Schene (1987) não encontraram diferenças na FC de repouso na situação na água e em terra, porém as FC encontrada na caminhada na água foram mais elevadas que aquela encontrada em esteira rolante em terra. Denison et al. (1972) ao compararem a FC durante exercício pedalando na posição horizontal dentro e fora d'água, observaram valores cerca de 10 % maiores para a FC encontrada na água em relação a encontrada na terra, possivelmente estes resultados foram resultantes da resistência ao movimento oferecida pela água. Para o presente estudo, não ocorreu deslocamento do corpo na água, visto que a bicicleta aquática é estacionária, havendo somente aumento do nível de imersão fazendo refletir que houve aumento da dificuldade em se manter na posição durante o ato de pedalar em altas intensidades, ainda que a PE tanto central quanto periférica para o P. Xif se revelou mais alta do que a PE na C.Umb.

Segundo Brasil e Di Masi (2005), a percepção do esforço no meio líquido leva ao indivíduo uma possível fadiga periférica proporcionada pela resistência ao movimento oferecido pelo meio aquático, levando-o a uma maior sensação do esforço. Acredita-se que pelo maior grau de imersão, maior será a sensação do esforço proporcionado por maior resistência em relação à área corporal, no entanto os resultados encontrados no presente estudo não apresentaram diferenças estatisticamente significantes entre o grau de imersão e PEC e PEP nas duas profundidades para as intensidades submáximas de rotação, portanto a PEC e PEP se apresentaram mais elevadas na altura de P.XIF quando a intensidade se

aproximava da RPM máxima. Fato este pode ser também justificado pela força de empuxo aumentada pela maior imersão e conseqüentemente maior dificuldade de se manter na bicicleta, tendo que requisitar de musculaturas antes não recrutadas para manter a alta intensidade do exercício.

Limitações do Estudo

A pequena diferença de imersão estudada foi utilizada pela maior incidência ocorrida durante as aulas de ciclismo aquático. Possivelmente utilizar outros pontos de imersão mais distintos possa permitir outros resultados e interpretações. O Estudo ocorreu em situação de protocolo de rampa, pode ser que em situação real de aula, os efeitos da imersão possam refletir em respostas diferenciadas do presente estudo. Portanto os resultados obtidos são os que atualmente orientam a prática atual da modalidade.

2.3 ESTUDO 2: EFEITO DA ÁREA FRONTAL NO CONSUMO DE OXIGÊNIO NA BICICLETA AQUÁTICA HIDROCYCLE®

O ciclismo aquático (CA) é uma modalidade de exercício recentemente desenvolvida. Tem sido crescentemente recomendada como alternativa de exercício tanto no treinamento cardiorrespiratório e neuromuscular quanto na hidroterapia. Nas bicicletas convencionais específicas para a prática desta modalidade, o aumento da carga resistiva é obtido exclusivamente pelo aumento da cadência de pedalada ou rotação por minuto (RPM). A bicicleta aquática Hidrocycle® (Martins, 2007) permite que a carga resistiva produzida seja modificada por dois fatores. O primeiro fator está relacionado ao controle da RPM, como nos equipamentos convencionais, influência diretamente na resistência gerada pela água ao pedalar. O segundo fator está relacionado à superfície de contato com a água ou área frontal (AF). Ao aumentar a AF, há aumento da força de arrasto resistivo (F_d), sua redução também acarreta na diminuição desta resistência, implicando em aumento ou diminuição da resistência ao pedalar. A possibilidade de manipular os fatores RPM e AF permite maior possibilidade de combinação para gerar o controle adequado da resistência. O sistema modificável de AF - Sistema Evolution® (Martins, 2009) é constituído por quatro calhas perpendiculares entre si, com duas aberturas cada, as quais permitem a variação da AF, permitindo menor ou maior aumento da resistência em resposta à RPM aplicada. Para testar a eficiência do sistema Evolution®, Martins et al (2008) utilizaram eletromiografia subaquática de superfície com RPM fixa (70 RPM), modificando somente a AF, dividida em 3 níveis de área frontal, AF1, AF2 e AF3. Neste estudo, observaram que o aumento da AF resulta no aumento da tensão muscular. Outros estudos foram realizados com a bicicleta aquática Hidrocycle® com o objetivo de identificar o comportamento da frequência cardíaca (FC), percepção do esforço (PE), e nível de profundidade da imersão nas respostas de PE e FC. Martins e Lima (2005), em teste progressivo com a bicicleta aquática Hidrocycle®, encontraram valores de FC_{max} de 183 ± 17 bpm, RPM_{max} de $85,6 \pm 10,3$, PE periférica (PEP) de $19,6 \pm 0,5$ e PE central (PEC) de $16,8 \pm 2,8$. Ruas et al (2008) não observaram diferença significativa na RPM_{Max} ao comparar teste de rampa com a bicicleta aquática Hidrocycle® em duas profundidades diferentes, nível de imersão na altura da cicatriz umbilical e na altura do processo

xifóide. No entanto a FC_{max} e PE foram maiores quando aumentado o nível de imersão para o nível de processo xifóide.

Variáveis fisiológicas como consumo de oxigênio (VO_2), FC, concentração final de lactato [La] e psicofisiológicas como PE têm sido estudadas a fim de melhorar o entendimento desta modalidade, já que é realizada com parte do corpo submerso na água, o que pode influenciar nas respostas fisiológicas ao exercício. Derez et. al (2008), utilizando um modelo convencional de bicicleta aquática, com o mesmo protocolo utilizado por Martins e Lima (2005), observaram valores de FC_{Max} de 178 ± 9 bpm, PEP de $19,2 \pm 1$, PEC de $18,5 \pm 1,5$. Ferreira et al (2005) encontraram valores de FC de $179,7 \pm 11,7$ bpm, e Lactato final de $9,8 \pm 1,3$ mmol/l, em protocolo de simulação de aula de CA com duração de 30 minutos. Dressendorfer et. al (1976) encontraram VO_{2max} de $3,12$ ml . min.⁻¹ em teste de capacidade aeróbia máxima ao comparar três situações de teste máximo utilizando bicicleta submersa. Shapiro et al (1981), adaptaram um cicloergômetro Monark convencional para uso subaquático, no qual a cinta de fricção foi removida, e para gerar sobrecarga foram adicionadas calhas laterais ao volante de rotação gerando 6 níveis de resistência. Com o indivíduo imerso até o pescoço, encontraram VO_{2max} de aproximadamente de 500 à 4000 ml. min.⁻¹ com cadência de 30 a 40 RPM dependendo do número de calhas. Sogabe et. al (1987), com utilização de cicloergômetro horizontal específico, com resistência gerada nos pedais em 4 situações diferentes e imersão acima dos ombros, encontraram VO_{2max} entre 400 e 2000 ml . min.⁻¹, com cadência variando entre 40 e 60 RPM. Chenn et.al. (1996) encontraram VO_{2max} de 3040 ± 838 ml . min.⁻¹ e $FC_{máx}$ de 166 ± 16 BPM em teste máximo realizado com bicicleta horizontal submersa acoplada a um cicloergômetro externo o qual gerava o controle da sobrecarga. Bréchat et al (1999) constataram VO_2 de 2927 ml. min.⁻¹, em teste de carga constante com duração de 30 minutos, com indivíduo submerso até o processo xifóide utilizando cicloergômetro com resistência eletronicamente controlada. Park et. al. (1999), ao comparar exercício em cicloergômetro submerso em dois tipos de temperatura ($30,0^\circ$ C e $34,5^\circ$ C), encontraram VO_2 de 795 e 744 ml. min.⁻¹, pedalando a 60 RPM, durante 30 min, em intensidade submáxima e constante a 95 Watts. Almeling et al (2006) obtiveram, em seu modelo experimental de bicicleta submersa a 3 metros de profundidade acoplada a outro cicloergômetro Monark fora d'água, VO_{2max} de 2510 ml . min.⁻¹ para

cadência fixa de 55 RPM e aumentos de 30 watts a cada 3 minutos. Cardoso (2008) aferiu em protocolo progressivo por estágios com aumento da cadência valor de VO_{2max} de $3,51 \pm 0,47$ com 68 RPM em cicloergômetro aquático específico.

Ainda não é conhecido o VO_2 atingido na bicicleta aquática Hidrocycle®, o que limita sua utilização no treinamento aeróbio, visto que há uma relação direta do VO_2 com as intensidades aeróbias de exercício. O conhecimento da [La] final orientaria o nível da participação do metabolismo anaeróbio durante o teste máximo, ajudando a interpretação do esforço na bicicleta aquática Hidrocycle®. Os valores de FC e PE, já estudados anteriormente, também são importantes a investigação para corroborar com os valores encontrados objetivando maior confiabilidade na prescrição por estes parâmetros. Portanto o objetivo deste estudo é identificar o VO_2 , [La], FC, PE e RPM atingido em teste incremental de carga em cada situação de AF existente no sistema Evolution® da bicicleta aquática Hidrocycle®, ainda a partir das curvas obtidas de VO_2 predizer o consumo por equação de regressões de regressão que adéqüe melhor à curva de VO_2 produzida.

2.3.1 Materiais e Métodos

Sujeitos

Foram estudados 15 indivíduos do sexo masculino, fisicamente ativos com idade $24 \pm 4,1$ anos, peso $80,0 \pm 6,6$ kg, estatura $182,2 \pm 4,7$ cm e percentual de gordura $13,6 \pm 7$ %. Todos assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP-HU CAS/UFJF parecer número 0033/2009.

Local

O estudo foi conduzido na unidade de Métodos Gráficos e Unidade de Hidroterapia do Centro de Assistência a Saúde do Hospital Universitário (HU-CAS) da Universidade Federal de Juiz de Fora. Foi utilizada para o estudo piscina com coluna de água de 1,3 metros e a temperatura da água se manteve durante o estudo em entre 28° e 30° C.

Cicloergômetro Aquático

Foi utilizada para o estudo a bicicleta aquática marca Hidrocycle®. Esta bicicleta foi desenvolvida para oferecer duas formas de gerar sobrecarga, uma pelo fator cadência de pedalada (RPM), outra pela área frontal (AF) exposta ao movimento de rotação dos pedais. O aumento do RPM implica em aumento proporcional da força de resistência denominada força de arrasto (FD). A resistência gerada no ambiente aquático é determinada pela fórmula $FD = \frac{1}{2} (\rho \times A \times CD \times v^2)$, PÖYHÖNEN et. al.(2001) onde (FD) é a força de arrasto hidrodinâmico, (ρ) a densidade do fluido, (v) a velocidade de deslocamento do corpo ou objeto, (A) é a área de secção transversa máxima do corpo na direção do deslocamento ou área frontal (AF) e (CD) o coeficiente de forma, grandeza que exprime a dependência da força relativa às variáveis (ρ), (v) e (A) em relação a forma do objeto que se desloca.

A bicicleta aquática Hidrocycle® possui três níveis de AF, cada uma medindo respectivamente 500 cm² (AF1), 580 cm² (AF2) e 660cm² (AF3), que influenciam diretamente na resposta da FD.



Fotografia 2: Ambiente de coletas de dados.

Fonte: O autor.

Método

Foram realizados 3 testes progressivos com três AF diferentes para identificação da FC_{max} , VO_{2max} , $[La]_{max}$, PE_{max} . Os testes foram realizados com intervalo de 48 horas entre si e cada voluntário foi orientado previamente a não realizar atividade física intensa ou vigorosa pelo menos 24 horas antecedentes aos testes e também a não utilizarem nenhum tipo de estimulante.

Teste Progressivo

Cada teste progressivo foi realizado com uma AF diferente (AF1, AF2 e AF3), determinadas aleatoriamente. O teste consistiu em aquecimento, com 5 min de duração a 50 RPM, seguido de 2 minutos de intervalo. Ao final do intervalo, iniciava-se o teste progressivo com rotação inicial de 50 RPM e incrementos de 3 RPM a cada minuto até a exaustão voluntária do indivíduo. Para o controle da RPM, foi utilizado metrônomo digital Quick Time® e inspeção visual.

Frequência Cardíaca

Foi registrada, ao final de cada estágio, por um monitor cardíaco Polar FSII (Polar Electro Oy, Finlândia).

Percepção do esforço

Foi utilizada a escala de BORG CR10, (Borg, 2000). Os valores foram registrados ao final de cada estágio para PE periférica (PEP), para sensação de esforço muscular dos membros inferiores, e PE central (PEC), para percepção do desconforto cardiorrespiratório.

Consumo de Oxigênio

Para mensuração do VO_2 , foi utilizado o Analisador Metabólico VO2000 (Aerosport Medical Graphics Corporation, EUA), calibrado antes de cada teste com gás padrão (CO_2 5%, O_2 17%). As medidas foram feitas como média de 20 segundos.

Lactato Máximo

Ao final de cada teste, imediatamente à interrupção do mesmo por fadiga voluntária do indivíduo, foi coletada uma amostra de sangue (25 mml) do lobo inferior da orelha e, em seguida, analisada pelo Lactímetro YSI 1500 SPORT L-Lactate Analyzer (Yellow Springs, Ohio, USA), previamente calibrado com padrão de 5 mmol, e recalibrado após cinco medidas. Este procedimento possibilitou a identificação da concentração de lactato de pico.

Tratamento Estatístico

Foi utilizada estatística descritiva (média e desvio padrão) para caracterização da amostra, e identificação dos valores máximos para as variáveis fisiológicas estudadas. Para identificação de diferenças entre as variáveis máximas nas três situações de cargas estudadas no teste progressivo (AF1, AF2, AF3), foi utilizada análise de variância one way para medidas repetidas seguida de teste de Tukey para $p < 0,05$. Para testar as variáveis submáximas, foi feita análise de variância two way (RPM x AF) seguida de teste de Tukey para $p < 0,05$. Para a predição do VO_2 a partir da RPM para cada AF, utilizou-se equação polinomial de segunda ordem. Os dados foram plotados no programa Microsoft Excel, (Microsoft Office System 2007) e posteriormente analisados no pacote estatístico STATISTICA 6.0, (StatSoft, Inc. (2001). STATISTICA (data analysis software system), version 6. www.statsoft.com.)

2.3.2 Resultados

Os sujeitos envolvidos no presente estudo apresentaram características antropométricas semelhantes a indivíduos fisicamente ativos, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Características dos sujeitos (N=15)
Fonte: o autor

	Peso (kg)	Gordura (%)	Estatura (cm)	Idade (anos)
Média	80,0	13,6	182,2	24,1
DP	6,6	7,0	4,7	4,0

Teste progressivo

A Tabela 5 mostra os valores máximos referentes aos testes progressivos na bicicleta aquática. As variáveis $[La]$, VO_2 , FC, PEP e PEC estudadas não apresentaram diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,05$) em seus valores máximos. A RPM_{max} apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) a AF3 foi menor que AF1 e AF2 (89,6, 87,6 e 83,2 RPM, respectivamente).

Tabela 5: Valores máximos obtidos no teste progressivo.
Fonte: O autor.

	AF1		AF2		AF3	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
$[La^{-1}]$	9,4	1,7	9,4	1,8	8,9	2,1
VO_2 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	44,2	7,3	45,0	7,8	44,2	6,6
FC (bpm)	181,9	9,6	182,8	7,8	183,4	9,9
Cadência (RPM)	89,6	3,9	87,6	3,7	83,2*	2,8
PEP	10,5	0,9	10,5	0,6	10,1	0,8
PEC	9,9	1,5	10,3	0,7	10,0	0,8

* Diferença significativa ($p < 0,05$) em relação a AF1 e AF2 com AF3.

Todas as variáveis fisiológicas estudadas foram observadas durante o decorrer do teste progressivo, permitindo mostrar o desenvolvimento do teste e suas respostas simultâneas no VO_2 , FC e PE. A seqüência de gráficos a seguir mostra o comportamento do teste progressivo (aumento da RPM) nas 3 situações de AF.

Consumo de Oxigênio

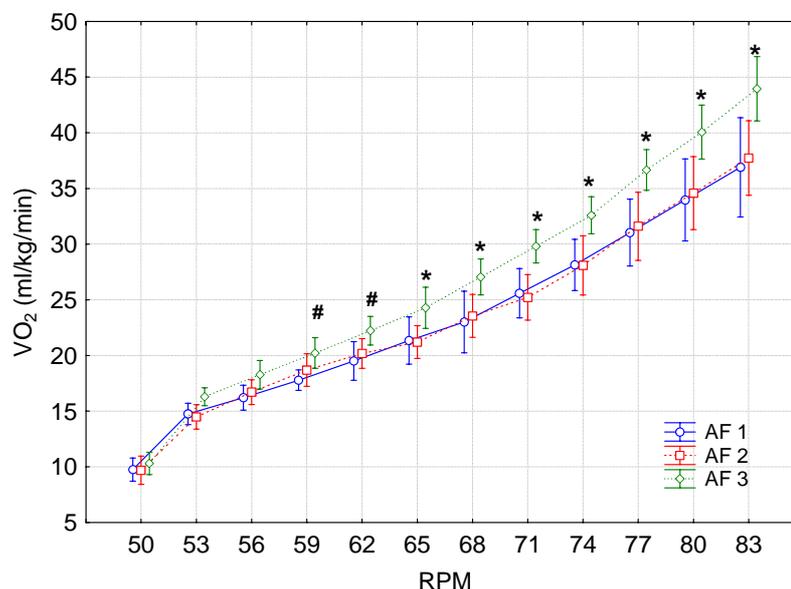
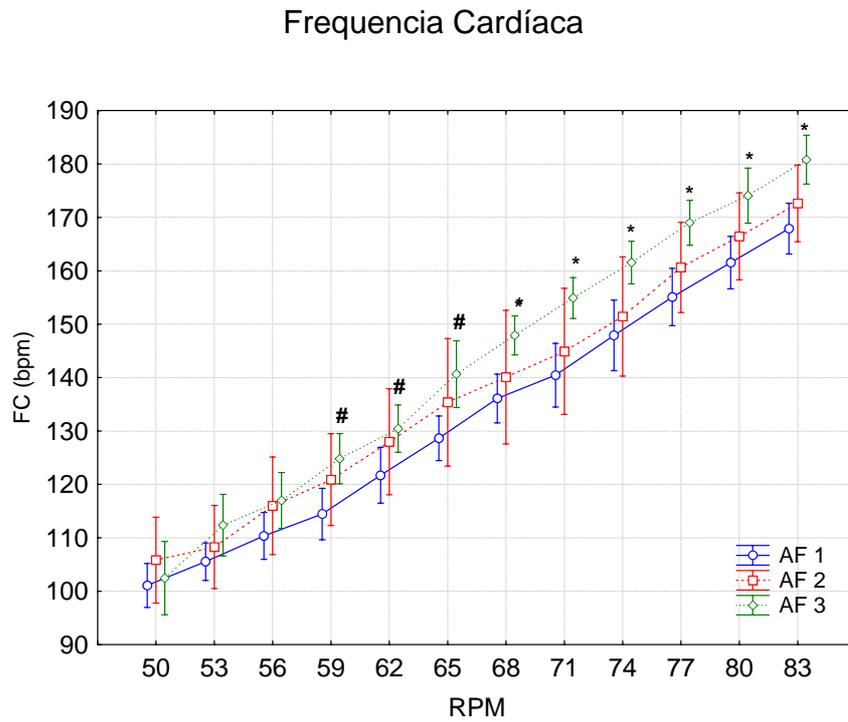
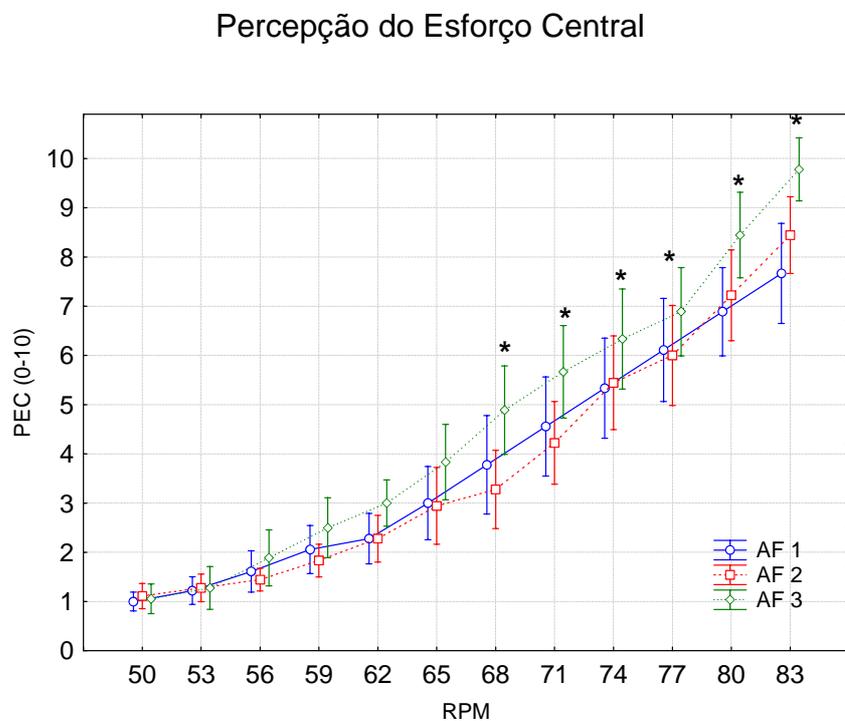


Gráfico 4: Curva de VO_2 e RPM em resposta a cada AF testada. Fonte: o autorGráfico 5: FC em resposta ao aumento da RPM nas três situações de AF.
Fonte: o autorGráfico 6: PE - C em resposta ao aumento da RPM nas três situações de AF.
Fonte: o autor

Percepção do Esforço Periférica

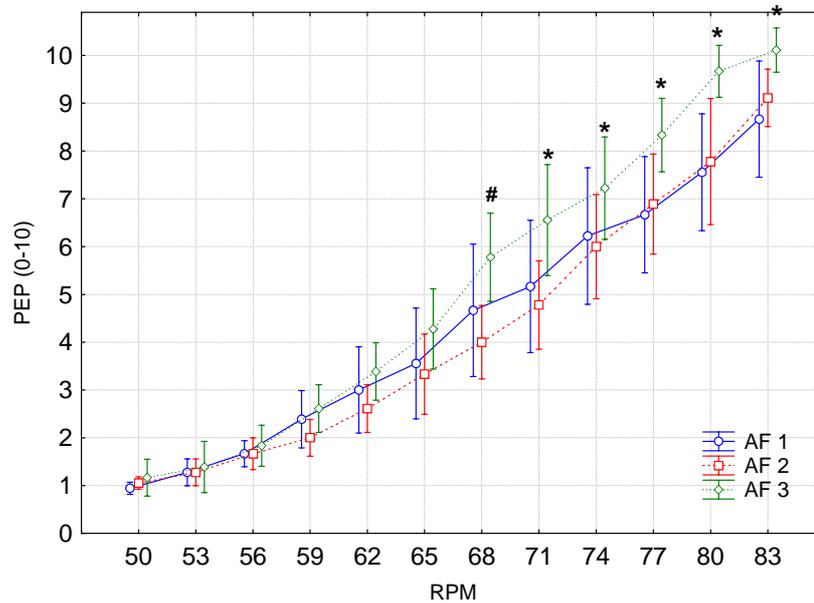


Gráfico 7: PE - P em resposta ao aumento da RPM nas tres situações de AF.
Fonte: o autor

Predição do Consumo de Oxigênio

Pela observação das curvas de VO_2 e RPM, o consumo de oxigênio pode ser estimado a partir das três situações de AF estudadas. Os Gráficos a seguir revelam o VO_2 através de suas respectivas equações de predição.

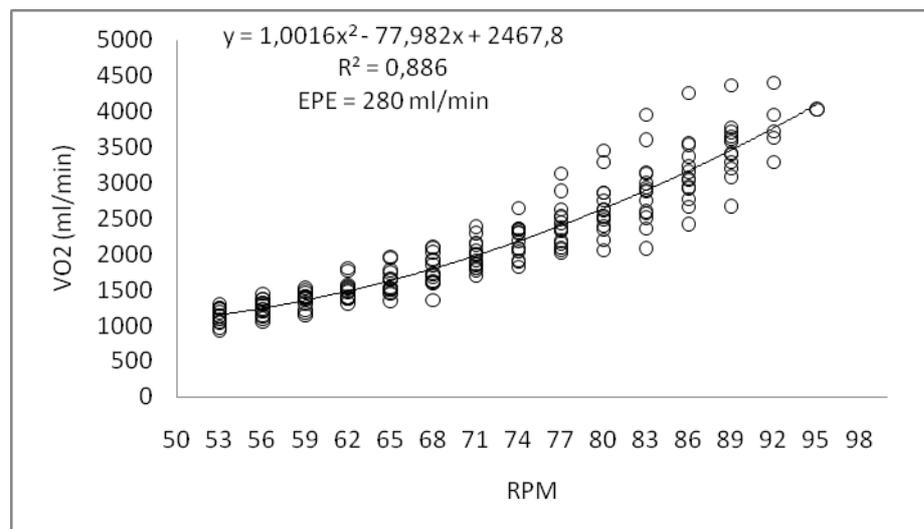


Gráfico 8: Representação da curva do VO_2 quando utilizado a Área Frontal 1 (AF1).

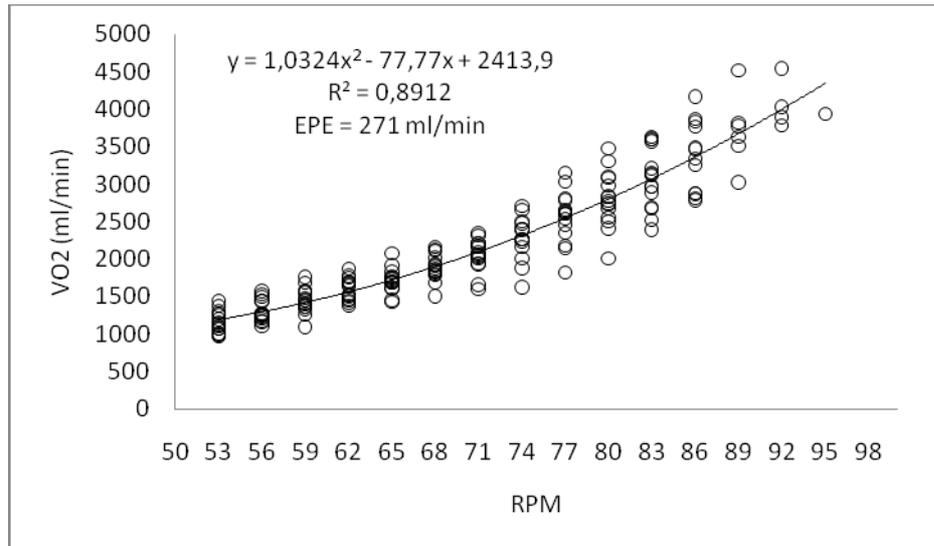


Gráfico 9: Representação da curva do VO₂ quando utilizado a Área Frontal 2 (AF2).

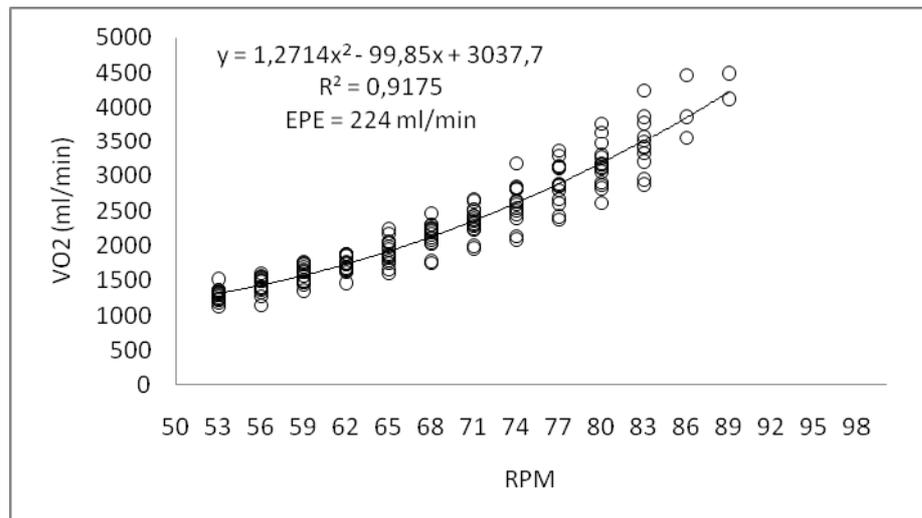


Gráfico 10: Representação da curva do VO₂ quando utilizado a Área Frontal 3 (AF3).

2.3.3 Discussão

O presente estudo buscou mostrar o comportamento das variáveis fisiológicas como VO₂, FC, [La] e PE em protocolo progressivo a fim de atingir a máxima capacidade de trabalho na bicicleta aquática Hidrocycle®, para identificar possíveis diferenças nas três situações de AF do sistema Evolution®, AF1, AF2 e AF3. O VO₂ e gasto calórico foi estimado através de equações de predição do teste progressivo com o propósito de calibração da do sistema Evolution® por parâmetros fisiológicos, permitindo possíveis associações entre RPM e AF envolvidas no resultado da sobrecarga do exercício.

Os principais resultados do estudo permitiram descobrir que nos testes progressivos, os parâmetros fisiológicos máximos, $VO_{2\text{máx}}$, $La_{\text{máx}}$, $FC_{\text{máx}}$ e $PE_{\text{máx}}$ foram atingidos nas três situações de AF estudada, porém a RPM em que foram alcançadas foram diferentes. Nas curvas de VO_2 , FC e PE apresentadas durante os testes progressivos, a AF parece ter interferido nas respostas apresentando diferenças nos estágios mais avançados do protocolo.

Teste Progressivo

O teste progressivo adotado no presente estudo partiu de estudos prévios, os quais buscaram descobrir a influência do aumento da RPM na resposta da FC e PE. Martins e Lima (2005) observaram aumento da FC e PE em teste progressivo com aumento de 10 RPM a cada 2 min até a exaustão, revelando ser eficiente para identificar a relação entre RPM, FC e PE. Em estudo de identificação do ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC), Martins et al (2007) propuseram aumentos menores de rotação, 3 RPM a cada minuto, partindo de rotação inicial de 50 RPM, objetivando obter uma curva mais detalhada para observação do PDFC, revelando ser um protocolo eficiente, por apresentar o PDFC em 85% dos sujeitos avaliados, enquanto a literatura revela identificação em 87% em teste de corrida em campo apresentado por De-Oliveira (2004). O Protocolo escolhido foi testado somente com a AF máxima, permitindo a identificação da capacidade máxima de trabalho somente pela influencia da RPM. Ao testar três possíveis variações do sistema Evolution®, verificou-se que foi possível atingir valores altos de FC, VO_2 , La e PE, portanto notou-se que os valores atingidos ocorreram em RPM diferentes, como podemos observar em cada variável observada a seguir.

Consumo de Oxigênio

Para assumir que o VO_2 encontrado ao final de cada teste foi máximo, foram coletadas amostras de lactato, frequência cardíaca e percepção do esforço, para assim poder ser adotado como máximo. Segundo DUNCAN *et al.* (1997) e HOWLEY *et al.* (1995) para que o VO_2 seja considerado máximo, altos níveis de lactato devem ser encontrados após o final do teste ($>8,8\text{mmol/l}$), elevada frequência cardíaca ($>90\%$ da máxima estimada pela idade, $(220 - \text{idade})$) e percepção do esforço elevada (18, na escala de 6 a 20). No presente estudo, tivemos valores de lactato de $9,4 \pm 1,7$; $9,4 \pm 1,8$ e $8,9 \pm 2,1$ mmol/l encontrados para AF1, AF2 e AF3 respectivamente.

Frequência cardíaca máxima de $181,9 \pm 9,6$; $182,8 \pm 7,8$ e $183,4 \pm 9,9$ BPM, valores que correspondem a 93% da $FC_{\text{máx}}$ predita para a idade média do grupo, ($220 - \text{idade}$, $220 - 24,1 = 195,9$ BPM). Para a percepção do esforço, tanto central (PEC) quanto periférica (PEP) o presente estudo revelou valores de 10 para as duas variáveis na escala de percepção do esforço (CR10 0 a 10, Borg 1998), o que corresponderia a 20 na escala de 6 a 20 Borg (1998).

O VO_2 foi alvo de estudos que utilizaram cicloergômetros em situação subaquática. Dressendorfer et al (1976), Bréchat et al (1999); Shapiro et al (1981); Chen et al (1996); Almeling et al (2006); Sogabe et. al (1987); Park et. al.(1999), Carvalho et. al (2008), relataram achados que variaram de acordo com a metodologia aplicada, grau de imersão, temperatura da água e principalmente quanto ao cicloergômetro utilizado. Portanto os valores de $VO_{2\text{máx}}$ obtidos em cada situação foram um tanto particulares a cada estudo, apresentando $VO_{2\text{máx}}$ nos estudos de Dressendorfer et al (1976), $3180 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, Bréchat et al.(1999), $2927 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, Chen et al.(1996), $3040 \pm 838 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ e Almeling et al. (2006), $2510 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$. VO_2 e $VO_{2\text{máx}}$ 500 à $4000 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ respectivamente no estudo de Shapiro et al. (1981), VO_2 de 400 a $2000 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, Sogabe et. al.(1987), 795 e $744 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, Park et. al. (1999) e $3,51 \pm 0,47 (\text{L}\cdot\text{min}^{-1})$, Carvalho et. al (2008). O presente estudo atingiu $4420 \pm 73,0$; $4500 \pm 78,0$ e $4420 \pm 66,0 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, para AF1, AF2 e AF3 respectivamente, revelando valores maiores de VO_2 que os referidos estudos. Este estudo revela que, sem necessidade de adicionar resistência externa, acoplar o sistema de carga de uma bicicleta aquática a um cicloergômetro conhecido fora da água, é possível se atingir altas intensidades em relação ao VO_2 , mostrando que AF da bicicleta aquática estudada, possui uma boa magnitude para gerar sobrecarga, porém necessita de rotações em torno de 80 RPM.

A curva de consumo de oxigênio encontrada no presente estudo revelou maior VO_2 quando aumentada a AF, efeitos semelhantes foram encontrados em estudos que analisaram o efeito da área resistiva na resposta do VO_2 . Shapiro et al (1981) encontraram diferença no VO_2 ao analisar sete diferentes áreas resistivas em cicloergômetro padrão Monark modificado para uso em água. Sogabe et. al.(1987) também analisaram quatro diferentes áreas resistivas e suas respostas no consumo de oxigênio, revelando que a área resistiva é um fator relevante no consumo de oxigênio da atividade. A curva de frequência cardíaca teve um comportamento

semelhante à curva de consumo de oxigênio revelada no presente estudo. A FC apresentou-se mais elevada na situação de AF3 que na AF1 e AF2 respectivamente, que reflete a estreita relação existente entre FC e VO_2 , que no presente estudo apresentaram diferenças somente a partir de 59 RPM. Não diferentemente a PE tanto central quanto periférica apresentaram se semelhantes, e mais elevadas na situação de AF3 do que AF1 e AF2 a partir da cadência de 68 RPM, quando o teste se aproximava de seu máximo. Mesmo tendo apresentado diferenças nas respostas durante as etapas submáximas do teste progressivo, ao final as variáveis fisiológicas apresentaram-se semelhantes, apontando somente diferença na RPM.

Cadência X Área Frontal

A RPM_{max} atingida no presente estudo foi de $89,6 \pm 3,9$, $87,6 \pm 3,7$ e $83,2 \pm 2,8$ RPM, para AF1, AF2 e AF3 respectivamente. Estudos de Shapiro et al (1981), Chen et al 1996 e Almeling et al (2006) obtiveram resultados de capacidade máxima de trabalho com cadências entre 20 e 60 RPM, cadências mais baixas comparadas à encontrada no presente estudo. Acredita-se que as cadências encontradas nestes estudos sejam efeito da resistência externa, gerada por cicloergômetro localizado fora da água e transmitida ao ciclo ergômetro submerso. Este fator somado à resistência da água ao pedalar em pode ter sido fator limitante para que se atingissem RPM mais altas. Morlock e Dressendorfer (1974) relataram cadências de 80 RPM, ao atingir o consumo máximo de oxigênio em cicloergômetro submerso e ainda sendo uma RPM semelhante à RPM atingida no presente estudo, alegou ser uma RPM desconfortável para ser realizado por um longo período, o que parece acontecer no presente estudo, apesar do teste ser progressivo o voluntário carrega uma fadiga acumulada dos estágios anteriores.

Visto que o exercício praticado na água sofre ação resistida diretamente de sua velocidade de execução e de sua área frontal contra o movimento, o presente estudo buscou identificar se a alteração da AF influenciaria nas variáveis estudadas. A RPM_{max} atingida em cada situação de AF apresentou-se mais baixa quando houve aumento da AF, porém nas três situações estudadas, os valores máximos de FC, VO_2 , [La] e PE foram atingidos, portanto quando aumentamos a AF diminui-se a RPM para obter os mesmo resultados.

Variáveis Fisiológicas Avaliadas

Dentre os dados mensurados neste estudo, além do VO_2 , a FC, [La] e PE, atingidos no teste máximo revelaram que a bicicleta aquática Hidrocycle® produz uma boa resposta quando se aumenta a RPM em qualquer que seja a AF utilizada. Valores de FC_{max} foram apontados nos estudos de Chem et al (1996) 166 ± 16 bpm, Derez et al (2008), 178 ± 9 bpm, Martins et al (2007) 181 ± 12 bpm para homens e 181 ± 10 bpm para mulheres, Martins e Lima 2005, 183 ± 17 bpm e Ruas et al (2008) $184,4 \pm 12,7$ bpm e $191,2 \pm 9,9$ bpm para imersão na cicatriz umbilical e processo xifóide. Dentre os estudos, citados acima, Chem et al (1996) e Derez et al (2008) não utilizaram a bicicleta aquática Hidrocycle®, portanto os demais citados utilizaram a mesma bicicleta aquática e apresentaram FC_{max} semelhante à atingida no presente estudo, ($181,9 \pm 9,6$; $182,8 \pm 7,8$ e $183,4 \pm 9,9$ BPM para AF1,2 e 3), mostrando que a FC_{max} atingida neste estudo pode ser considerada como máxima para a bicicleta aquática Hidrocycle®.

A lactacidemia foi estudada em poucos estudos envolvendo ciclo ergometria em ambiente aquático. Bréchat et al (1999) em seu modelo de estudo, atingiu valores de $8,1 \pm 2,8$ mg.L⁻¹, (que corresponde a $7,29$ mmol/L⁻¹). Ferreira et al (2005) encontraram de Lactato final de $9,78 \pm 1,30$ mmol/l, em protocolo de simulação de aula de CA com duração de 30 minutos, justificando o valor atingido devido à resistência provocada pela água durante o movimento de pedalar. Exercícios como esteira rolante e “deep running” (corrida com flutuador) apresentaram valores mais altos de lactacidemia em relação à corrida em terra, alegaram alta lactacidemia devido à mecânica alterada de corrida, exigindo maior participação efetiva da musculatura envolvida durante o exercício intenso (Svedenhag e Seger 1992).

Predição do Consumo de Oxigênio

Para estimativa do VO_2 foi adequado aos dados de RPM e AF a equação que tivesse boa reprodutibilidade estando atento a um alto valor de r^2 e um baixo erro padrão de estimativa (EPE). A equação que melhor representou a curva de VO_2 foi a polinomial de segunda ordem, a qual revelou r^2 de 0.886, 0.891 e 0.917 respectivamente para as áreas frontais AF1, AF2 e AF3 e ainda um erro padrão de estimativa com de 280, 271, 224 ml. min. que permite uma margem de erro aceitável para uma predição.

A curva do VO_2 para os três níveis de AF apresentou uma equação quadrática, que representa o aumento da RPM durante o teste com sua resposta no aumento do VO_2 de forma quadrática. Este comportamento parece estar semelhante ao aumento da velocidade com a força de resistência da água. Segundo PÖYHÖNEN et. al.(2001) o aumento da força resistiva na água está relacionado também ao fator velocidade, que é elevada ao quadrado. O aumento da velocidade é elevado ao quadrado refletindo no aumento exponencial da força resistiva. No protocolo de rampa aplicado no presente estudo, para cada AF foi dado um aumento na velocidade de pedalada de 3 RPM a cada minuto, resultando em uma curva exponencial do VO_2 . Portanto parece que a equação de estimativa para VO_2 não só um bom ajuste em relação ao r^2 e EPE, mais também pela relação que ela representa com a resistência oferecida.

Limitações do Estudo

A calibração fisiológica, ou seja, descrever a relação entre RPM e AF, variáveis que determinam a sobrecarga na bicicleta aquática Hidrocycle®, e as variáveis de resposta fisiológica ao exercício, VO_2 , [La], FC e psicológicas, PE, foram suficientes para entender a resposta ao exercício em situação máxima possibilitando encontrar uma relação entre RPM e AF, portanto a situação real de uma sessão de ciclismo aquático pode acarretar em respostas diferentes, necessitando a investigação nestas condições, ainda que o presente estudo norteia a utilização das AF para a prática da atividade.

Implicação prática

O presente estudo parte do conhecimento do VO_2 durante o teste progressivo na bicicleta aquática Hidrocycle®. A predição do VO_2 implica em conhecer o gasto energético de uma sessão de treinamento pela sua relação existente com o gasto calórico, que implica em 1 L de O_2 consumido, equivale a 1 Kcal gasto, podendo ser utilizada esta relação para estimar o gasto calórico da atividade, orientando a programação do treinamento com a Hidrocycle®. As variáveis de FC e PE buscam facilitar a orientação da intensidade de forma prática e segura, já que revelamos os valores máximos para tais variáveis, podemos controlar a sobrecarga do exercício dentro das zonas de predominância aeróbia e anaeróbia bastando adequar a melhor relação entre RPM e AF para o objetivo principal da sessão a ser realizada.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos conduzidos para a confecção desta dissertação de mestrado levaram a respostas as quais podemos concluir que: No estudo 1, a diferença de imersão estudada permitiu observar que o comportamento das respostas máximas de FC_{max} , PE_{max} apresentaram mais elevadas para a mesma RPM_{max} atingida no nível de imersão na altura do processo xifóide. A exposição em situações de imersão na altura do processo xifóide tende a valores mais altos de FC para as cargas submáximas. Portanto são necessários novos estudos envolvendo diferentes metodologias, para mais ampla discussão sobre a influência da profundidade no ciclismo aquático. No estudo 3, permitiu-se concluir que foi possível atingir o VO_{2max} , nas três situações de AF do sistema *Evolution*®. Durante as fases submáximas do teste incremental, foi possível a visualização de maior consumo de oxigênio, frequência cardíaca e percepção do esforço ao utilizar a AF3 em relação à AF1 e AF2. Ainda no teste progressivo, foi possível estabelecer as equações de predição para o consumo de oxigênio. Os resultados do presente estudo mostram que a bicicleta aquática Hidrocycle® possui boa relação entre aumento da RPM bem como da AF refletindo diretamente no aumento da sobrecarga do exercício.

REFERENCIAS

AVELLINI B A, Shapiro Y, Pandolf K B. Cardio-respiratory physical training in water and on Land. *Eur J Appl Physiol.* v. 50, p. 255-263, 1983.

AQUATIC EXERCISE ASSOCIATION. Manual do Profissional do Fitness Aquático. Rio de Janeiro: Shape; 2001.

ALMELING M, Schega L, Witten F, Lirk P, Wulf K. Validity of Cycle Test in Air Compared to Underwater Cycling. *Undersea And Hyperbaric Medical Society.* v.33, n.1, p. 45-53, 2006.

BIRKNER, Hans A. ROSCHINSKY, Johannes. *Handbuch für Aquajogging.* Meyer & Meyer Verlag. Germany 1999. p 11.

BORG G. Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido. São Paulo: Manole; 2000.

BRASIL, Roxana M, DI MASI Fabrício. Manual de Aquaspin, Rio de Janeiro: Sprint, 2005.

BRÉCHAT P H, Wolf J P, Rigaud Simon, Bréchat N, Kantelip J p, Berthelay S, Regnard J. Influence of Immersion On Respiratory Requeriments During 30 min Cycling Exercise. *Eur Respir J.* v. 13, p. 860 – 866, 1999.

CARVALHO, RODRIGO GUSTAVO DA SILVA. Análise da atividade muscular e consumo de oxigênio no ciclismo dentro e fora da água. 2008. 109 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CHEN AN A, Kenny Glen P, Johnston Chad E, Giesbrecht Gordon G. Desingn and Evaluation of a Modified Underwater Cycle Ergometer. *Can J Appl Physiol.* v.21, n. 2, p.134-148, Apr. 1996.

CHRISTIE J L, Sheldahl L M, Tristani F E, Wans S L, Sagar K B, Levadoski S G, Ptacin M J, Sobocinsk K A, Morris R D. Cardiovascular Regulation during head-out water immersion exercise. *J. Appl. Physiol.* V. 69, p. 657-664, 1990.

DENISON D M, WAGNER P D, KINGABY G L, WEST J B. Cardiorespiratory responses to exercise in air and underwater. *J. Appl. Physiol.* v. 33, p. 426 – 430, 1972.

DE-OLIVEIRA FR. Prediccion de los umbrales de lactato y ajustes de frecuencia cardiaca em el test de Léger-Boucher. 2004. Tesis Doctoral, Universidad del Pais Basco. Euskal Herriko Unibertsitatea, San Sebastian, España, 2004.

DERESZ CRISTINE SPONCHIADO, Dantas Estélio Henrique Martin, Perantoni Carolina Bellei, Martins, Jonas Neves, Lima Jorge Roberto Perrou de, Novaes Jefferson da Silva. Prescrição de exercício em bicicleta aquática para mulheres com a utilização da frequência cardíaca e percepção do esforço. *HU Revista*, Juiz de Fora, v. 34, n. 2, p. 93-97, abr./jun. 2008.

DIAS ET.AL. Efeitos da cadência de pedalada sobre a potência mecânica e variáveis fisiológicas. *Rev. Bras.Cineantropom. Desempenho Hum.* v.9, n.3, p. 271-276, 2007.

DRESSENDORFER H R, Morlock J f, Baker DG, Hong SK. Effects of head-out water immersion on cardiorespiratory responses to max. cycling exercise. *Undersea Biomed Res.* v.3, p.177-187, 1976.

DUNCAN G E, Howley E T, Johnson B N. Applicability of VO₂max criteria: discontinuous versus continuous protocols. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 29, n. 2, p. 273-278, 1997.

ECHT MARTIN, Lange Lothar, Gauer Otto H. Changes of peripheral venous tone and central transmural venous pressure during immersion in a thermo-neutral bath. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology.* v. 352, n. 3, p. 211-217, 1974.

FERREIRA ANDRÉA CRISTIANE, Brasil Roxana Macedo, Sá Grace Barros de, Lopes Y Ana Cristina, Barreto Glória, Santos Marcos Aurélio dos, Vale Rodrigo Gomes de Souza, Novaes Jefferson da Silva. Comparação Das Respostas Hemodinâmicas Entre O Ciclismo Indoor E Aquático. *Arquivos em Movimento*, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p. 29-38, jul./dez. 2005.

GAESSER GLENN A, Poole David C. The Slow Component of Uptake Kinetics in Humans. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. v. 24, n. 1, p. 35-70, Jan. 1996.

GARCIN M, Vautier JF, Vandewalle H, Wolff M, Monod H. Ratings of perceived exertion (RPE) during cycling exercises at constant power output. *Ergonomics*. v. 41 n.10, 1500-1509, 1998.

GRAEF FABIANE INÊS, Kruei Luiz Fernando Martins. Freqüência cardíaca e percepção subjetiva do esforço no meio aquático: diferenças em relação ao meio terrestre e aplicações na prescrição do exercício – uma revisão. *Rev Bras Med Esporte*. v. 12, n. 4, Jul./Ago. 2006.

GRAEF FABIANE, Tartaruga Leonardo, Alberton Cristine, Kruei L F M. Freqüência cardíaca em homens imersos em diferentes temperaturas de água. *Rev. Port. Cien. Desp*, v.5, n.3, p. 266-273, 2005.

HOWLEY E T, BASSETT JUNIOR D R, WELCH H G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. v. 27, n. 9, p. 1292-1301, 1995.

JOHNSON B L, STRAMINE S B, ADAMEZYK J W. Comparison of oxygen uptake and heart rate during exercises on land and in water. *Phys. Ther*. v.57, p. 273 – 278.

KRUEL L F M. Alterações fisiológicas e biomecânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água. 2000. 130f. Santa Maria. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2000.

KRUEL L M F, Moraes E Z C, Ávila A O V, Sampedro R M F. Alterações Fisiológicas e biomcânicas em indivíduos praticando exercícios de hidroginástica dentro e fora d'água. *Ravista Kinesis*. n. especial. p.104–129, 2001.

KRUEL L M F, Tartaruga Leonardo A Peyré, Dias Adriana B C, Silva Rafael da, Picanço Paulo S P, Rango Antonio B. Freqüência Cardíaca durante imersão no meio aquático. *Fit e Perform. J.* v.1, n. 6, p. 46 – 52, 2002.

LAZZARI J M A, Meyer F. Freqüência 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.* v.3, p. 3 -7, 1997.

LANGE LOTHAR, Lange Sebastian , Echt Martin, Gauer Otto H. Heart volume in relation to body posture and immersion in a thermo-neutral bath. *Pflügers Archiv European Journal of Physiology.* v. 352, n. 3, p. 219 – 226, 1974.

MAGLISCHO ERNEST W. Nadando Ainda Mais Rápido: Padrão de referencia para o nadador profissional. 1ª Ed. São Paulo: Manole, 1999. 691. Cap. 8 p 153-54. 1999

MARTINS, JONAS ALMEIDA NEVES. Bicicleta Aquática. MU8501102-9. 20 mai. 2005. *Revista Eletrônica do Instituto Nacional da propriedade Industrial. RPI 1878.* 2007.

MARTINS JONAS ALMEIDA NEVES, Carvalho Rodrigo G da Silva, Szmuchrowski Leszek A, Amorin César F, Lima Jorge R P de. Resposta Eletromiográfica a três níveis de Carga em Bicicleta Aquática. *Rev. Bras. De Cienc e Mov.* v. 16, n. 4, p. 85. 2008.

MARTINS J A N, LIMA J R P. Freqüência cardíaca e percepção do esforço em bicicleta aquática. *Encontro mineiro de fisiologia do exercício.* Juiz de fora, p. 29, out. 2005.

MARTINS, JONAS ALMEIDA NEVES. Sistema de Calhas com Resistência Variável Para Bicicleta Aquática. MU8702789-5. 3 dez.2007. *Revista Eletrônica do Instituto Nacional da propriedade Industrial. RPI 2012.* 2009.

MARTINS JONAS A NEVES, Bara Filho Mauricio Gattás, Costa Vitor Pereira , Lima Jorge Roberto Perrout de. Teste de Conconi adaptado para bicicleta aquática. *Rev Bras Med Esporte.* v.13, n. 5, set. /out. 2007.

MORLOCK J F, Dressendorfer R H. Modification of Standard bicycle ergometer for Underwater use. *Undersea Biomed Res.* v.1, p. 135-142, 1974.

PARK K S, Choi J K, Park Y S. Cardiovascular regulation during water immersion. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, v. 18, n. 6, p. 233-241, 1999.

PINTO STEPHANIE S, Alberton Cristine L, Becker Márcio E, Olkoski Mabel, Krueh Luiz F.M. Respostas cardiorespiratórias em exercícios de hidroginástica executados com e sem o uso de equipamento resistivo. *Rev Port Cien Desp.* v. 6, n.3, p. 336–341, 2006.

PÖYHÖNEN T, Keskinen KL, Hautala A, Mälkiä E. Determination of hydrodynamic drag forces and drag coefficients on human leg/foot model during knee exercise. *Clinical Biomechanics*, v.15, p. 256-260, 2000.

PÖYHÖNEN T, Kyröläinen H, Keskinen K L, Hautala A, Savolainen J, Mälkiä E. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. *Clinical Biomechanics*, v. 16, n. 6, p. 496-504, 2001.

PRAMPERO P E DI. The Energy Cost of Human Locomotion on Land and in Water. *J Sports Med.* v. 7, p. 55 – 72. 1986.

RENNIE D W, 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.* v. 24. p.223-228. 1971.

RITCHIE S E, HOPKINS W G. The intensity of exercise in deep-water running. *Intl. J. Sports Med.* v 29. p. 12-27. 1991.

RUAS YURI MAIA, Martins Jonas A. Neves, Lima Jorge Roberto P. de. Frequência cardíaca e percepção do esforço no ciclismo aquático em duas profundidades de imersão (cicatriz umbilical e processo xifóide). *Rev Bras de Cienc e Mov.* v. 16 n. 4, p. 66. 2008.

SHAPIRO YAIR, Avellini, Barbara A, Toner Michael M. Pandolf Kent B. Modifications of The Monark Bicycle Ergometer For Underwater Exercise. v.50, n.3, p. 679 – 683, 1981.

SCOLFARO L B, Marins J C B, Regazzi A J. Estudo comparativo da frequência cardíaca máxima em três modalidades cíclicas. Revista da APEF v. 13 n.1, p. 44-54, 1988.

SOGABE YASUHIRO, Monji Kouichi, Nakashima Kiyoharu, Tajima Fumihito, Iwamoto Jun. Modification of Conventional Bicycle Ergometer for Underwater Use. J UOEH, v.9, n.3, p. 279-285. 1987.

SVEDENHAG J A N, Seger J A N. Running on land and in water: comparative exercise physiology. Med. Sci. Sports Exerc. v. 24, n. 10, p. 1155-1160, 1992.

WELTMAN A, Katch V L. Relationship between the onset of metabolic acidosis (anaerobic threshold) and maximal oxygen uptake. J Sports Med Phys Fitness. v. 19, n. 2, Jun, 135-42, 1979.

WHITLEY J D, SCHOENE L L. Comparison of heart rate responses – water walking versus treadmill walking. J. Am. Physical Therapy Association. v.10 p. 1501 – 1504, 1987.

ANEXOS