

## Respostas hemodinâmicas, cardiorrespiratórias e ocorrência de lesão muscular no meio aquático e terrestre em mulher não ativa: estudo de caso

Patrícia Dias Pantoja  
Alecsandra Pinheiro Vendrusculo  
Ana Paula Fayh  
Cristine Lima Alberton  
Luiz Fernando Martins Kruehl

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre RS Brasil*

**Resumo:** O objetivo do presente estudo foi avaliar as respostas cardiorrespiratórias e ocorrência de lesão muscular em ambiente aquático e terrestre. Este estudo de caso teve como participante uma mulher que não pratica exercícios físicos regularmente, por no mínimo 6 meses. Realizaram-se dois testes progressivos máximos em cicloergômetro, nos ambientes terrestre e aquático, com intervalo de uma semana entre eles. Analisou-se o consumo de oxigênio através do analisador de gases modelo *KBI-C*, da marca *AEROSPORT*, a pressão arterial através do esfigmomanômetro de mercúrio da marca *Baumanometer* e a frequência cardíaca através do freqüencímetro *S610*, da marca *POLAR*. Para análise da creatina quinase foi utilizado o Kit comercial *CK-NAC* da *Bioliqid*. Como resultados, o consumo máximo de oxigênio apresentou no meio terrestre um valor de  $1,56 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  e no meio aquático,  $1,64 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . A frequência cardíaca máxima e a pressão arterial máxima demonstraram uma resposta atenuada no meio aquático. Já os níveis de creatina quinase não demonstraram alterações nas medidas realizadas no meio aquático e no meio terrestre. Como conclusão, a partir dos resultados obtidos pode-se sugerir que o meio líquido oferece menor sobrecarga cardiovascular em teste máximo em cicloergômetro comparado ao meio terrestre, sem riscos de lesão muscular.

**Palavras-chave:** Consumo de oxigênio. Frequência cardíaca. Pressão arterial. Creatina-quinase. Cicloergômetro aquático.

*Hemodynamic, cardiorespiratory responses and exercise-induced muscle damage in water and on land in non active woman: case study*

**Abstract:** The purpose of this study was to compare the effects of a graded dynamic exercise in water and on land on cardiorespiratory responses and muscle damage. The exercise was performed by a woman who had not been involved in any regular, structured exercise program for at least 6 months before participating in the study. The two graded dynamic exercises were performed on cycle ergometer in water and on land, separated by 1 week, reaching the maximal effort. Oxygen consumption was measured using a Gas Analyser (*KBI-C*, *AEROSPORT*), systolic and diastolic blood pressures were measured using a sphygmomanometer (*Baumanometer*) and heart rate was measured with a *Sport tester Polar S610*. Plasma creatine kinase activity was determined using a commercially available kit (*CK-NAC*, *Bioliqid*). Maximal oxygen uptake value on land was  $1,56 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  and in water was  $1,64 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Maximal heart rate and blood pressure demonstrated a lower response in water. Creatine kinase levels were not altered in all measures for both environments. Our data suggest that the maximal exercise on a cycle ergometer performed in water reduce cardiovascular workload without risks of muscle damage.

**Key Words:** Oxygen consumption. Heart rate. Blood pressure. Creatine kinase. Aquatic cycle ergometer.

### Introdução

Exercícios no meio líquido são muito utilizados devido a algumas características como a flutuabilidade que proporciona a redução do peso hidrostático e provoca a diminuição do estresse nas articulações (HARRISON et al., 1992), o maior calor específico da água comparado com o da terra, que aumenta a capacidade de transferência de calor

(HALL et al., 1998, SRÁMEK et al., 2000) a pressão hidrostática que causa um aumento do retorno venoso para a região central do corpo (AVELLINI et al., 1983, CHRISTIE et al., 1990, CONNELLY et al., 1990, 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).

Entre estes exercícios se destaca a atividade realizada no cicloergômetro aquático, que representa um trabalho semelhante ao realizado na terra. Muitos estudos têm analisado as alterações fisiológicas que ocorrem com esta atividade em diversas intensidades, tais como as respostas de frequência cardíaca, consumo de oxigênio e pressão arterial, entre outras variáveis, comparando-as com as verificadas no meio terrestre.

Foram encontrados comportamentos similares do consumo de oxigênio e da pressão arterial, em intensidades submáximas e máxima, enquanto a frequência cardíaca demonstrou semelhança entre os meios em intensidades mais baixas, e redução no meio líquido em intensidades altas (CHRISTIE et al., 1990, CONNELLY et al., 1990, SHELDAHL et al., 1984).

Intensidades máximas, portanto, exigem um gasto metabólico similar entre os meios, porém podem comprometer a integridade do músculo ocasionando um grau de lesão muscular.

No estudo de Nosaka et al. (2004) foram avaliadas 12 ações excêntricas máximas dos flexores do cotovelo e foi encontrado um grau significativo de lesão muscular, representado indiretamente pela diminuição da força isométrica máxima (60% do valor pré) e amplitude de movimento, imediatamente após o exercício, aumento da dor muscular 1 a 3 dias após, e um pico no nível sanguíneo da enzima creatina quinase (CK), 4 a 5 dias após o exercício. Estas respostas podem ter sido provenientes de um grande rompimento na membrana da célula muscular, provocado pelo estresse do exercício (BAKER et al., 2004).

A verificação do nível de CK no sangue é uma das formas indiretas mais utilizadas para a análise da lesão muscular, já que seu nível aumenta na corrente sanguínea quando o músculo é lesado (SMITH et al., 1994, JAMURTAS et al., 2005, SORICHTER et al., 1995).

Diversos estudos analisam o comportamento da CK em exercícios com predominância de contrações excêntricas (NOSAKA et al., 1996, JAMURTAS et al., 2005, STUPKA et al., 2001), entretanto poucos estudos avaliaram o seu comportamento em exercício realizado no cicloergômetro considerado como predominantemente concêntrico.

Além disso, não foram encontrados estudos que avaliassem as respostas cardiorrespiratórias concomitante com a ocorrência de lesão muscular em exercício em cicloergômetro aquático. Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi analisar as respostas cardiorrespiratórias e a ocorrência de lesão muscular no meio aquático e terrestre.

## Metodologia

Esta pesquisa caracterizou-se como estudo de caso, tendo como participante uma mulher que não pratica exercícios físicos regularmente (por no mínimo 6 meses), de 22 anos, 60,5Kg e 1,61m.

Foram realizados dois testes máximos em cicloergômetro, sendo o primeiro teste realizado no meio terrestre e o segundo no meio aquático, com um intervalo de uma semana.

Antes da realização do teste a participante deveria estar em jejum de três horas, evitar ingestão de estimulantes (COOKE, 1996) e evitar prática de exercício físico intenso ou novo durante o estudo (EVANS et al., 2002). Em ambas as sessões, ao chegar ao local do teste, a participante permanecia em decúbito dorsal por um período de repouso de 10min. Foram avaliados o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), a frequência cardíaca (FC) e a pressão arterial (PA) durante os últimos 3min deste período de repouso, sendo o  $VO_2$  e a FC coletados a cada 20s e a PA nos últimos 20s do terceiro minuto.

Os testes no cicloergômetro consistiam de 2min de aquecimento sem carga, sendo posteriormente acrescentadas cargas de 25W, a cada 2min de teste, com velocidade de 60bpm controlados por um metrônomo. Encorajamentos verbais foram realizados para que a participante executasse o exercício até atingir a exaustão. No meio aquático o teste foi realizado na profundidade do manúbrio e na temperatura de 32,5°C, enquanto que no meio terrestre a temperatura foi de 24°C.

Para o controle da carga do exercício, foi utilizado um cicloergômetro da marca *MONARK*, que permanecia fora da água. A ele foi acoplado um cicloergômetro da marca *SCULPTOR*, através de uma correia, que foi adaptado para que o indivíduo pudesse pedalar dentro e fora da água. Após o término do aquecimento, o  $VO_2$  e a FC foram coletados a cada 20s durante o teste e a PA foi coletada a cada troca de carga.

Para a obtenção do consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) utilizou-se a medida de pico do  $VO_2$  verificada no teste, e para os valores máximos de FC e PA, foram feitas medidas no momento em que a participante atingia a exaustão. Avaliou-se o  $VO_2$  através do analisador de gases modelo *KBI-C*, da marca *AEROSPORT*, a PA através do esfigmomanômetro de mercúrio da marca *Baumanometer* e a FC através do freqüencímetro *S610*, da marca *POLAR*.

Foram realizadas coletas de 5ml de sangue para a posterior análise da CK, em resposta ao exercício realizado no meio terrestre e no meio aquático, em quatro momentos: antes do exercício, logo após o exercício, 12h e 24h após o

exercício. Para a análise, foi utilizado o Kit comercial CK-NAC da *Bioliqid*.

### Resultados

Ao analisar o  $VO_{2\text{máx}}$ , encontrou-se no meio terrestre um valor de  $1,56 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  e no meio aquático,  $1,64 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . A frequência cardíaca máxima e a pressão arterial máxima demonstraram uma resposta atenuada no meio aquático, de 180bpm e 150/86mmHg, comparada com a do meio terrestre que apresentou valores de 187bpm e 180/120mmHg, respectivamente.

Quanto ao nível de CK, não foi verificada alteração nas medidas realizadas no meio aquático, sendo os valores pré-teste de  $46 \text{ U}\cdot\text{l}^{-1}$ , pós-teste, de  $46 \text{ U}\cdot\text{l}^{-1}$ , 12 horas, de  $45 \text{ U}\cdot\text{l}^{-1}$  e 24 h, de  $35 \text{ U}\cdot\text{l}^{-1}$ .

Já no meio terrestre, foram encontrados os seguintes valores: pré-teste de  $40 \text{ U}\cdot\text{l}^{-1}$ , pós-teste,  $58 \text{ U}\cdot\text{l}^{-1}$ , 12 horas,  $32 \text{ U}\cdot\text{l}^{-1}$  e 24 horas,  $31 \text{ U}\cdot\text{l}^{-1}$ , sendo observado um pico na medida pós-exercício, embora os valores tenham permanecido dentro do nível de normalidade ( $80 \text{ U}\cdot\text{l}^{-1}$ ) (figura 1).

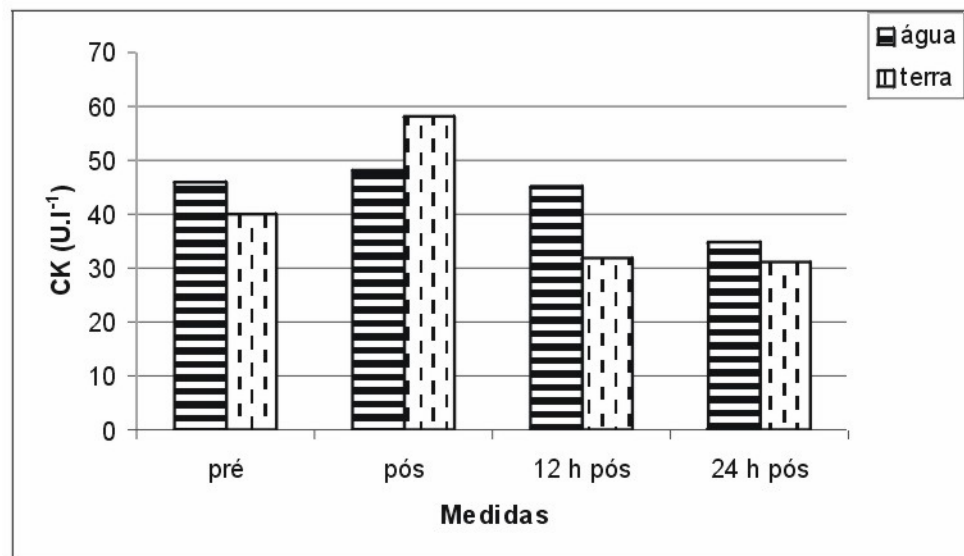


Figura 1. Respostas de creatina-quinase (CK) nos meios aquático e terrestre nas diferentes medidas analisadas.

### Discussão

Os dados encontrados no presente estudo demonstraram após a sessão realizada no meio líquido, um  $VO_{2\text{máx}}$  5,12% maior que o atingido com o exercício em meio terrestre. Muitos estudos encontraram respostas similares do  $VO_{2\text{máx}}$  entre o exercício realizado em cicloergômetro no meio líquido e terrestre.

Connelly et al. (1990) analisaram as respostas cardiorrespiratórias após um teste progressivo no cicloergômetro, onde os sujeitos pedalavam 5min em 43, 61, 78-82% do  $VO_{2\text{máx}}$  e 2-4min em 100% do  $VO_{2\text{máx}}$ , em meio líquido ( $32,5^{\circ}\text{C}$ ) e terrestre. O  $VO_2$  demonstrou ser similar em cada intensidade avaliada.

Entretanto, Svedenhag e Seger (1992) que compararam corrida em esteira com corrida em piscina funda, encontraram valores de  $VO_{2\text{máx}}$  significativamente mais baixos durante o exercício em meio líquido.

Segundo Frangolias e Rhodes (1995), a resposta similar do  $VO_{2\text{máx}}$  entre os meios pode ser explicada pela similaridade do exercício em cicloergômetro no meio líquido e terrestre, com relação à musculatura utilizada para a atividade, padrão do movimento e o controle da posição do corpo.

Dessa maneira, as diferenças encontradas entre o  $VO_{2\text{máx}}$  da corrida em terra e corrida em piscina funda também podem estar relacionadas com a diferença na mecânica da corrida nestes meios, além de outros fatores como a flutuação e a pressão hidrostática.

A  $FC_{\text{máx}}$ , demonstrou uma diminuição de 3,4% com a imersão. Em intensidades submáximas têm sido documentados valores similares da FC durante a atividade em cicloergômetro com imersão e sem imersão, enquanto em intensidades máximas há uma resposta atenuada da FC com a imersão (SHELDAHL et al., 1984, CONNELLY et al., 1990, NOSAKA et al., 2004).

O estudo de Christie et al. (1990), encontrou uma bradicardia de 12 bpm no meio líquido (32,5°C), durante o exercício no cicloergômetro a 80% do  $VO_{2máx}$ , e uma bradicardia de 7 bpm no meio líquido no momento de intensidade máxima, o que corrobora com a diferença de batimentos verificada no presente estudo, na mesma intensidade.

De acordo com a sugestão de Christie et al. (1990), a bradicardia observada no meio líquido nas intensidades altas pode ser resultado de uma redução da atividade simpática, relacionada com a alteração da atividade barorreceptora, causada pelo aumento do volume de sangue central e fluxo sanguíneo que ocorre com a imersão devido à pressão hidrostática. É sugerido também, que os valores similares apresentados em intensidades mais baixas podem ser consequência de uma vasodilatação.

Connelly et al. (1990) encontraram em seu estudo uma redução nos níveis de noradrenalina durante o exercício em cicloergômetro no meio líquido, em intensidades altas (a partir de 80%  $VO_{2máx}$ ), o que pode ser um fator contribuinte para a redução da FC neste meio e nestas intensidades.

No presente estudo, além da FC, a PA também sofreu uma redução com a imersão, verificada durante o exercício em cicloergômetro realizado neste meio. A pressão arterial sistólica máxima (PASM) diminuiu 20% no meio líquido, e a pressão arterial diastólica máxima (PADM) diminuiu 39,5%, ambas comparadas com as pressões verificadas no meio terrestre.

Alguns estudos apresentaram uma resposta de PA máxima similar entre os meios (CHRISTIE et al., 1990, SHELDAHL et al., 1984).

Sheldahl et al. (1984) compararam a PA durante um exercício progressivo realizado em cicloergômetro, onde a carga inicial correspondia a 50W sendo acrescentados 25W a cada 3min de teste, dentro (31,0 ± 0,5°C) e fora da água.

Foi encontrada uma resposta similar da PADM e da PASM, no entanto a PASM demonstrou uma tendência à diminuição no meio líquido, comparada àquela verificada no meio terrestre. Em repouso no meio líquido, a PA têm apresentado resultados conflitantes, parecendo ser influenciada pela temperatura e profundidade de imersão (FINKELSTEIN et al., 2004, PARK et al., 1999, SRÁMEK et al., 2000).

Na pesquisa de Sránek et al. (2000) foram investigadas, em homens jovens, as mudanças cardiovasculares e hormonais durante 1h de imersão com a cabeça fora da água nas temperaturas de 32, 20 e 14°C. Em 32°C, mesma temperatura utilizada no presente estudo, e 20°C houve uma

diminuição da FC, PAD, PAS e atividade da renina plasmática (PRA), além de um aumento da diurese. Já na temperatura de 14°C houve um grande aumento no metabolismo, a FC, PAD, PAS e a concentração da noradrenalina aumentaram e a diurese sofreu um aumento muito significativo também. A PRA diminuiu e a aldosterona aumentou sua concentração. A diminuição da PRA foi acompanhada pela diminuição da aldosterona somente na temperatura termoneutra.

Segundo Sránek et al. (2000), as mudanças na diurese e PRA ocorrem preferencialmente devido à pressão hidrostática do que ao efeito do frio. A maior pressão hidrostática promove um aumento do fluxo sanguíneo o que leva a ativação de barorreceptores renais que inibem a liberação de renina. Já a atividade metabólica e do sistema simpático são preferencialmente estimuladas pelo efeito do frio do que pela imersão.

Rim et al. (1997) demonstraram que durante o exercício moderado ou pesado realizado em cicloergômetro, com imersão até o pescoço e temperatura da água de 34,5°C, a diurese aumentou na primeira hora de exercício e após diminuiu rapidamente, enquanto a aldosterona e PRA não se alteraram.

Como no presente estudo foi realizado um teste progressivo máximo e o exercício teve duração de 12-14min, o efeito da imersão provocando um aumento na diurese pode ter sido uma causa para a menor PADM e PASM verificada no meio líquido comparada ao meio terrestre.

Outra explicação pode ser uma possível diminuição na concentração da noradrenalina plasmática, como foi demonstrado pelo estudo de Connelly et al. (1990) em exercício máximo no cicloergômetro, em meio líquido. No entanto nesse estudo a PA não foi diferente entre os meios durante o esforço máximo. O débito cardíaco, que atingiu valores mais altos na água concomitante com a vasodilatação, pode ser uma explicação para esta similaridade.

Ao analisar a CK verificaram-se respostas similares entre a medida pré-exercício e as demais medidas, em meio líquido. No meio terrestre foi observado um pico somente na medida pós-exercício, comparado com as outras medidas, embora o valor tenha permanecido dentro do nível de normalidade. É bem confirmado na literatura o aumento que ocorre no nível de CK na corrente sanguínea, após a realização de exercícios que envolvam contrações predominantemente excêntricas (CHEN et al., 2001, DOLEZAL et al., 2000, EVANS et al., 2002, MILIAS et al., 2005).

No entanto não se encontram muitos estudos que avaliem o comportamento dessa enzima após a realização de exercício

em cicloergômetro aquático ou terrestre. Baker et al. (2004) analisaram a ocorrência de lesão muscular em um teste máximo de 30s realizado em cicloergômetro no meio terrestre e encontraram um aumento no nível de CK imediatamente após o exercício.

No presente estudo foi realizado um teste progressivo máximo onde a carga aumentava 25W a cada 2min, e a CK demonstrou nas quatro medidas realizadas após o exercício, valores que não ultrapassaram o valor de normalidade, portanto talvez a diferença no método utilizado entre o presente estudo e o estudo citado anteriormente, possa ser a causa para a divergência nos resultados.

Além disso, Brown et al. (1999) em seu estudo compararam o nível de CK entre contrações concêntricas e excêntricas e encontraram um maior nível 3 dias após a realização do exercício excêntrico, mas não encontraram alterações no nível da enzima após a realização do exercício concêntrico. O autor conclui que ações excêntricas, mas não concêntricas, podem causar um nível de lesão muscular temporário.

Dessa maneira, o predomínio de ações concêntricas no exercício realizado no presente estudo pode ter sido um fator contribuinte para a falta de alterações no nível de CK verificado nas medidas após o exercício, em ambos os meios. Porém, no exercício realizado no meio terrestre foi verificado um pico de CK na medida logo após a sessão de exercício, embora o valor não tenha ultrapassado o valor utilizado como referência. Este fato poderia ser explicado pela existência de um pequeno grau de ação excêntrica neste meio, já que no meio aquático há um predomínio da ação concêntrica.

Este pequeno grau de ação excêntrica pode ter sido uma das causas da pequena elevação da enzima no sangue na medida logo após o exercício, já que o aparecimento tardio em altos níveis de CK na corrente sanguínea, está fortemente associado a exercícios com predomínio de contrações excêntricas. Outra explicação para este resultado, segundo Van der Meulen et al. (1991), é que a duração, a intensidade e o modo do exercício também influenciam no aumento da concentração da CK no sangue.

Pode-se concluir que o meio líquido oferece menor sobrecarga cardiovascular, já que a PA máxima e FC máxima demonstraram serem menores neste meio, com a atividade realizada.

Com relação ao nível de CK no plasma, embora tenha sido verificado um pico logo após o exercício em meio terrestre, mas que permaneceu dentro do valor de referência, pode-se sugerir que a realização do exercício em

cicloergômetro, em ambos os meios, é adequada para um indivíduo que não esteja habituado a esta atividade.

## Referências

- AVELLINI, B. A.; SHAPIRO, Y.; PANDOLF, K. B. Cardio-respiratory physical training in water and on land. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 50, p. 255-263, 1983.
- BAKER, J. S.; BAILEY, D. M.; HULLIN, D.; YOUNG, I.; DAVIES, B. Metabolic implications of resistive force selection for oxidative stress and markers of muscle damage during 30 s of high-intensity exercise. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 92, p. 321-327, 2004.
- BROWN, S.; DAY, S.; DONNELLY, A. Indirect evidence of human skeletal muscle damage and collagen breakdown after eccentric muscle actions. **J. Sports Sci.**, London, v. 17, n. 5, p. 397-402, 1999.
- CHEN, T. C.; HSIEH, S. S. Effects of a 7-day eccentric training period on muscle damage and inflammation. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 33, p. 1732-1738, 2001.
- CHRISTIE, J. L.; SHELDAL, L. M.; TRISTANI, F. E.; WANN, L. S.; SAGAR, K. B.; LEVANDOSKI, S. G.; PTACIN, M. J.; SOBOCINSKY, K. A.; MORRIS, R. D. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. **J. Appl. Physiol.**, Bethesda, v. 69, n. 2, p. 657-664, 1990.
- CONNELY, T. P.; SHELDAHL, L. M.; TRISTANI, F. E.; LEVANDOSKY, S. G.; KALKHOFF, R. K.; HOFFMAN, M. D.; KALBFLEISH, J. H. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. **J. Appl. Physiol.**, Bethesda, v. 69, n. 2, p. 651-656, 1990.
- COOKE, C. B. Metabolic rate and energy balance. In: ESTON, R.; REILLY, T. **Kinanthropometry and exercise physiology laboratory manual**. London: E & FN Spon, 1996. p. 175-195.
- DOLEZAL, B. A.; POTTEIGER, J. A.; JACOBSEN, D. J.; BENEDICT, S. H. Muscle damage and resting metabolic rate after acute resistance exercise with an eccentric overload. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 32, n. 7, p. 1202-1207, 2000.
- EVANS, R. K.; KNIGHT, K. L.; DRAPER, D. O.; PARCELL, A. C. Effects of warm-up before eccentric exercise on indirect markers of muscle damage. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 34, n. 12, p.1892-1899, 2002.
- FINKELSTEIN, I.; ALBERTON, C. L.; FIGUEIREDO, P. A. P.; GARCIA, D. R.; TARTARUGA, L. A. P.; KRUEL, L. F. M. Comportamento da frequência cardíaca, pressão arterial e peso hidrostático de gestantes em diferentes profundidades de imersão. **Rev. Bras. Ginecol. Obstet.**, v. 26, n. 9, p. 685-690, 2004.

FRANGOLIAS, D. D.; RHODES, E. C. Maximal and ventilatory threshold responses to treadmill and water immersion running. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 27, n. 7, p. 1007-1013, 1995.

HALL, J.; MCDONALD, I. A.; MADDISON, P. J.; O'HARE, J. P. Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 77, p. 278-284, 1998.

HARRISON, R. A.; HILLMAN, M.; BULSTRODE, S. Loading of the lower limb when walking partially immersed: implications for clinical practice. **Physiotherapy**, London, v. 78, n. 3, p. 164-166, 1992.

JAMURTAS, A. Z.; THEOCHARIS, V.; TOFAS, T.; TSIOKANOS, A.; YFANTI, C.; PASCHALIS, V.; KOUTEDAKIS, Y.; NOSAKA, K. Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 95, n. 2/3, p. 179-185, 2005.

MILIAS, G. A.; NOMIKOS, T.; FRAGOPOULOU, E.; ATHANASOPOULOS, S.; ANTONOPOULOU, S. Effects of eccentric exercise-induced muscle injury on blood levels of platelet activating factor (PAF) and other inflammatory markers. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 95, n. 5/6, p. 504-513, 2005.

NOSAKA, K.; CLARKSON, P. M. Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 28, n. 8, p. 953-961, 1996.

NOSAKA, K.; SAKAMOTO, K.; NEWTON, M.; SACCO, P. Influence of pre-exercise muscle temperature on responses to eccentric exercise. **J. Athletic Training**, Dallas, v. 39, n. 2, p. 132-137, 2004.

PARK, K. S.; CHOI, J. K.; PARK, Y. S. Cardiovascular regulation during water immersion. **Appl. Human Sci.**, Chiba, v. 18, n. 6, p. 233-241, 1999.

RIM, H.; YUN, Y. M.; LEE, K. M.; KWAK, J. T.; AHN, D. W.; CHOI, J. K.; KIM, K. R.; JOH, Y. D.; KIM, J. Y.; PARK, Y. S. Effect of physical exercise on renal response to head-out water immersion. **Appl. Human Sci.**, Chiba, v. 16, n. 1, p. 35-43, 1997.

SHELDAHL, L. M.; WANN, L. S.; CLIFFORD, P. S.; TRISTANI, F. E.; WOLF, L. G.; KALBFLEISCH, J. H. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. **J. Appl. Physiol: Respirat. Environ. Exercise Physiol.**, Bethesda, v. 57, n. 6, p. 1662-1667, 1984.

SMITH, L. L.; FULMER, M. G.; HOLBERT, D.; MCCAMMON, M. R.; HOUMARD, J. A.; FRAZER, D. D.; NSIEN, E.; ISRAEL, R. G. The impact of a repeated bout of eccentric exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. **Br. J. Sports Med.**, Loughborough, v. 28, n. 4, p. 267-271, 1994.

SORICHTER, S.; KOLLER, A.; HAID, C. H.; WICKE, K.; JUDMAIER, W.; WERNER, P.; RAAS, E. Light concentric exercise and heavy eccentric muscle loading: effects on CK, MRI and markers of inflammation. **Int. J. Sports Med.**, Stuttgart, v. 16, n. 5, p. 288-292, 1995.

SRÁMEK, P.; SIMECKOVÁ, M.; JANSKÝ, L.; SAVLÍKOVÁ, J.; VYBÍRAL, S. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. **Eur. J. Appl. Physiol.**, Berlin, v. 81, p. 436-442, 2000.

STUPKA, K.; TARNOPOLSKY, M. A.; YARDLEY, N. J.; PHILLIPS, S. M. Cellular adaptation to repeated eccentric exercise-induced muscle damage. **J. Appl. Physiol.**, Bethesda, v. 91, p. 1669-1678, 2001.

SVEDENHAG, J.; SEGER, J. Running on land and in water: comparative exercise physiology. **Med. Sci. Sports Exerc.**, Madison, v. 24, n. 10, p. 1155-1160, 1992.

VAN DER MEULEN, J. H.; KUIPERS, H.; DRUKKER, J. Relationship between exercise-induced muscle damage and enzyme release in rats. **J. Appl. Physiol.**, Bethesda, v. 71, n. 3, p. 999-1004, 1991.

Endereço:

Patrícia Dias Pantoja

Grupo de Pesquisa em Atividades Aquáticas e Terrestres –  
Laboratório de Pesquisa do Exercício – Escola de Educação  
Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Rua Felizardo, 750 Jardim Botânico

Porto Alegre RS

90690-200

e-mail: [pattypan@terra.com.br](mailto:pattypan@terra.com.br)

*Manuscrito recebido em 22 de março de 2007.*

*Manuscrito aceito em 25 de junho de 2007.*