

**Artigo original**

# Comparação da atividade eletromiográfica durante o movimento padrão do ciclismo em cicloergômetro padrão e aquático

## *Comparison of electromyography activity during the standard movement of cycling in standard Monark and aquatic cycle ergometer*

Leszek Antoni Szmuchrowski, D.Sc.\*, Jefferson Rosa Cardoso, D.Sc.\*\*\*, Rodrigo Gustavo da Silva Carvalho\*\*\*

.....  
Professor de Educação Física, Professor Adjunto III – Departamento de Educação Física – UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), \*\*Fisioterapeuta, Professor Assistente – Departamento de Fisioterapia – UEL (Universidade Estadual de Londrina), \*\*\*Fisioterapeuta, Professor do Departamento de Ciências Biológicas – ESMA

### Resumo

O objetivo do presente estudo foi determinar através da eletromiografia de superfície se há diferença significativa na ativação neuromuscular dos músculos gastrocnêmio, vasto lateral, bíceps femoral e paravertebral (lombar 3 - L3), durante o ciclo completo do movimento padrão do ciclismo em dois tipos de cicloergômetros, sendo um deles o cicloergômetro padrão Monark e o outro aquático (*Water Bike*<sup>®</sup>). Este último é um equipamento inédito no mercado, desenvolvido e patenteado pelo Prof. Dr. Leszek Szmuchrowski. A amostra estudada foi composta de 4 sujeitos do sexo masculino saudáveis, conforme o questionário PAR-Q. Os voluntários realizaram o movimento padrão do ciclismo tanto no cicloergômetro padrão Monark quanto no aquático e em 2 velocidades diferentes. Durante os exercícios foram registrados a atividade muscular pela eletromiografia de superfície de 4 grupos músculos, já citados. Os resultados apresentaram que, em ambas as velocidades (50 e 65 rpm) a atividade muscular, comparando os cicloergômetros não houve diferença significativa para os músculos bíceps femoral, vasto lateral e gastrocnêmio, exceto para o vasto lateral na velocidade de 65 rpm. O paravertebral houve diferença significativa em ambas as velocidades e cicloergômetros. Esta análise dos dados foi realizada no programa SPSS 10.0, onde se realizou o tratamento estatístico do teste *t-Student* com índice de significância adotado de  $p < 0,05$ . Conclui-se que, a comparação entre o mesmo exercício de pedalada, mas em diferentes meios (solo e aquático) demonstrou que a propriedade física da água pode modificar a atividade muscular.

### Palavras-chave:

hidroterapia, eletromiografia, bicicleta, hidroginástica.

Recebido 3 de fevereiro de 2004; aceito 15 de julho de 2004.

Endereço para correspondência: Rodrigo Gustavo da Silva Carvalho, Rua Santa Rita Durão, 466 apt. 501 Funcionários 30140-110 Belo Horizonte MG, Tel: (31)3225-2892/9985-5593, E-mail: rgscarvalho@uol.com.br

### Abstract

#### Key-words:

hydrotherapy,  
electromyography, bicycle,  
hidrogymnastics.

The aim of the present study was to determine through the electromyography of surface if there is significant difference in the muscular activation of the muscles gastrocnemio, vast lateral, biceps femoral and paravertebral (lumbar 3 - L3), during the complete cycle of the standard movement of the cycling in two types of bicycles, being one of them Monark bicycle and the other aquatic one (Water Bike). This last one is an unknown equipment in the market, developed and patented for Prof. Dr. Leszek Szmuchrowski. The studied sample was composed of 4 healthful male citizens, as the Par-q questionnaire. The volunteers had carried through the movement in both bicycles and in 2 different speeds. During the exercises, it had been registered the muscular activity for the electromyography of surface of 4 groups muscles, already cited. The results had presented no significant difference in both bicycles and speeds, for the muscles biceps femoral, vast lateral and gastrocnemio, except for the vast lateral in the speed of 65 rpm. The paravertebral had significant difference in both the speeds and bicycles. This analyze of the data was carried through in program SPSS 10.0 (t-Student,  $p < 0,05$ ). Concluding comparison the same exercise (dry land and aquatic) it seems that physical water properties can modify muscular activities.

.....

### Introdução

O princípio básico da pedalada é desenvolver movimentos circulares e suaves, apresentando uma regularidade de aplicação de força sobre os pedais ao longo de todo o ciclo. Entretanto o ciclismo é uma forma popular de exercício usada para condicionamento aeróbico, para o esporte competitivo e uma modalidade de reabilitação física.

Compreender a biomecânica da pedalada em bicicleta é importante por diversas razões. Primeiramente, esta compreensão poderia conduzir na melhora de lesões por “overuse” no joelho. Em segundo, veríamos os benefícios máximos que poderiam ser usando os cicloergômetros estacionários como um recurso a mais da terapia física se a compreensão da biomecânica do ciclismo fosse melhor compreendida. Finalmente, completamente desenvolvida a ciência da biomecânica do ciclismo conduziria às técnicas para melhorar o desempenho na competição [1,2].

Durante o ciclo de pedalada, cada músculo envolvido se contrai em determinado momento para gerar movimento dos segmentos do membro inferior. Isto pode ser detectado pela variação da amplitude do sinal de eletromiografia superficial (EMG). Dados de vários autores [3-5] diferem quanto à faixa angular onde cada músculo é mais ativo no ciclo de pedalada. Neste estudo, considera-se a atividade mioelétrica no ciclo completo, para efeito de comparação da atividade total entre dois cicloergômetros.

A eletromiografia tem sido um efetivo e aprimorado método para se estudar a ação muscular. Ela pode determinar com objetividade os diferentes potenciais de ação dos músculos empenhados em movimentos específicos. É um método frequentemente usado para avaliar a atividade

muscular durante o movimento. Entender a atividade muscular é a próxima informação mais importante depois de analisar a biomecânica [6].

Segundo Basmajian e De Luca [7], “eletromiografia é o estudo da função muscular através da detecção do sinal elétrico que os músculos emanam”. A técnica atual consiste em captar o potencial de ação de um músculo através de eletrodos. O sinal elétrico é amplificado e registrado graficamente. Esse sinal é a despolarização da membrana da fibra muscular ou a somação das despolarizações das membranas de várias fibras musculares.

As combinações da hidrodinâmica com a eletromiografia (EMG) podem parecer estranhas no início, mas na realidade estas disciplinas são altamente complementares quando os aspectos ergonômicos na água são considerados [8].

Vários autores vêm estudando a atividade muscular subaquática. Perry *et al.* [9] e Pink *et al.* [10] usaram EMG e cenografia para comparar a atividade muscular do perfeito sincronismo da atividade muscular de ombros normais e dolorosos durante estilos diferentes da natação. Fujisawa *et al.* [11] e Kelly *et al.* [12] estudaram a ativação dos músculos dos ombros em exercícios aquáticos e no solo (fora da água) sem prejudicar os sujeitos durante as condições isométricas e dinâmicas. Eles relataram que a atividade EMG dos exercícios dentro da água foi diminuída em comparação aos exercícios similares executados no solo. E correspondentes achados foram relatados por Pöyhönen *et al.* [13] que comparou a atividade do músculo do quadríceps durante a contração isométrica máxima e sub-máxima na água e no solo.

Atualmente, as atividades aquáticas estão em evidência por ser a água um meio que proporciona um menor índice

de lesões e por ser também muito prazeroso. Em todo mundo, vários pesquisadores desenvolvem modelos de cicloergômetros aquáticos. Recentemente Szmuchrowski desenvolveu um cicloergômetro aquático (*Water Bike*, Szmuchrowski, LAC/CENESP/UFMG – Fig. 1), chamado de *Water Bike*.

**Fig. 1** – *Cicloergômetro aquático (desenvolvido e patenteado pelo Prof. Dr. Leszek Szmuchrowski, 2001).*



A *Water Bike* é um modelo bem diferente dos já existentes, pois seu *design* possibilita o uso adequado das propriedades físicas da água na melhora do condicionamento físico geral. Sua principal diferença é a de não possuir banco de assento. A pessoa fica suspensa ou apoiada pelo empuxo da água, sendo fixados os pés nos pedais e as mãos no sistema de empunhaduras formado por duas barras horizontais (superior e inferior), ficando acima do esterno fora da água, tendo assim uma diminuição do seu peso corporal, que varia de 70% a 75% [14].

No presente estudo, compara-se na pedalada completa a ação de quatro músculos (gastrocnêmio, bíceps femoral, vasto lateral e paravertebral lombar 3) durante o exercício em um cicloergômetro padrão de solo (*Monark*) [15] em relação ao cicloergômetro aquático (*Water Bike*).

## Material e métodos

A amostra estudada foi composta por 04 homens saudáveis, com idade média de 21,7 anos ( $\pm 1,8$ ), estatura média de 1,70 metros ( $\pm 0,03$ ), média da massa corporal de 63 kilogramas ( $\pm 8,4$ ), média do índice de massa corporal (IMC) de 22 kg/m<sup>2</sup> ( $\pm 2,4$ ). Os voluntários realizaram o movimento padrão do ciclismo tanto no cicloergômetro padrão (*Monark*) como no cicloergômetro aquático. Apenas o membro dominante dos voluntários foi testado, e eles foram orientados quanto aos procedimentos experimentais,

quando assinaram um termo de consentimento para participarem da pesquisa.

As EMG (eletromiografia de superfície) dos músculos foram registradas por um Eletromiógrafo de Superfície (*MyoTrack 3*), contendo dois canais, acoplado com 2 eletrodos ativos. Um eletrodo de referência foi utilizado para avaliação da atividade muscular. O eletrodo (*Embramac*) utilizado era circular (2,1 cm de raio), de cloreto de prata (Ag/AgCl) contendo gel condutor.

Os eletrodos foram conectados (através de um cabo extensor) a um pré-amplificador de alta impedância ( $1,0 \times 10^{12}$  Ohm), com razão de rejeição do modo comum de 140 dB. Os sinais foram ajustados a 1.000 amostragens por segundo, nos canais habilitados. O filtro esteve com frequência de corte de 20Hz (passa alta) a 450 Hz (passa baixa) com um ganho final do sinal a 60Hz.

Dentro da água os eletrodos foram isolados por um material bioclusivo (*Tegaderm* – 3M).

Foi utilizado o cicloergômetro convencional (Padrão *Monark*), e o cicloergômetro aquático (*Water Bike*), para realização do movimento padrão da pedalada.

Utilizou-se de um metrônomo para estabelecer o ritmo (velocidade) fidedigno para ambos cicloergômetros.

Os voluntários foram avaliados com o objetivo da amostra ser mais homogênea possível e não terem problemas de saúde. Primeiro responderam o *Physical Activity Readiness Questionnaire* PAR-Q, um questionário preparado pelo *American College of Sports Medicine* (ACSM), com o objetivo de identificar e descartar algum voluntário com alguma patologia. Em seguida, realizaram-se as medidas de antropometria (massa corporal, altura, circunferências).

Depois da avaliação, os voluntários selecionados fizeram uma familiarização com ambos cicloergômetros treinando o movimento padrão do ciclismo nas duas velocidades pré-determinadas, sendo conscientizados quanto à posição do corpo nos cicloergômetros (não poderiam ficar de pé), e os calcanhares não poderiam ser levantados dos pedais.

O mais importante nesta familiarização foi identificar o esforço subjetivo semelhante entre os dois cicloergômetros, porque na *Water Bike* não tem como estabelecer uma carga em watts. Os voluntários foram perguntados primeiro pedalando na *Water Bike* na velocidade de 50 rpm e depois na velocidade de 65 rpm, o quanto de esforço correspondia conforme a escala de Borg [16]. Depois pedalar no cicloergômetro padrão *Monark* para identificar qual a carga em watts correspondia aos dois níveis de esforço da *Water Bike*. Portanto ficou determinado que na velocidade de 50rpm a carga seria de 75w e para a velocidade de 65rpm seria de 125w, para o cicloergômetro padrão *Monark*.

A EMG foi mensurada no primeiro dia com o cicloergômetro padrão *Monark* e no segundo dia com o cicloergômetro aquático; com todos os voluntários. Como o aparelho de EMG tinha apenas dois canais, coletamos de

dois em dois músculos de cada vez, durante quatro minutos de exercícios, intercalando os voluntários entre as mensurações de cada grupo muscular. Enfim para cada dia de coleta cada voluntário pedalava por 8 minutos, divididos em duas vezes, sendo os dois primeiros minutos na velocidade de 50 rpm e os outros dois finais na velocidade de 65rpm (Fig. 2).

Os locais para fixação dos eletrodos na pele referentes aos músculos estudados foram devidamente preparados (tricotomia e limpeza com álcool a 70%) para a captação do sinal eletromiográfico, tendo uma melhor fixação dos eletrodos não ocorrendo alguma interferência nos sinais.

Os eletrodos de superfície foram fixados em posição longitudinal ao longo das fibras musculares entre o ponto motor distal e o tendão, conforme padronização segundo De Luca [17]. Com distância entre eles de 2,0 cm. O eletrodo de referência foi posicionado no côndilo lateral da tibia. No caso da EMG subaquática houve a impermeabilização dos eletrodos com material bio-oclusivo.

**Fig. 2** – Voluntário pedalando na Water Bike para coleta da EMG subaquática. Em (a) foto subaquática mostrando os eletrodos fixados e protegidos pelo material bioclusivo e o posicionamento correto dos pés nos pedais. Em (b) mostra o nível da água no osso esterno e braços acima (fora da água) e os cabos dos eletrodos conectados ao Eletromiógrafo.

(a)



A análise estatística foi realizada através do teste *T* - Student com o nível de significância de  $p < 0,05$ , para comparações das médias das EMG mensuradas no mesmo músculo, variando a velocidade e o meio (solo e água).

(b)



## Resultados

Os resultados da média e do desvio padrão atividade eletromiográfica dos quatro músculos mensurados em ambos cicloergômetros e nas duas velocidades pré-estabelecidos, estão ilustrados na Tabela I.

A análise da EMG é feita por um *software* do próprio aparelho que no computador é codificado o sinal mioelétrico em um diagrama esquemático. Neste diagrama são visualizados a amplitude (mV) e o tempo (seg.). Nas figuras 3, 4, 5 e 6 estão representados os diagramas dos sinais eletromiográficos de um dos voluntários, em ambos as velocidades e cicloergômetros. Para poder comparar o sinal eletromiográfico entre diferentes sujeitos é preciso estabelecer uma normalização [18]. A normalização deste estudo foi pela média do sinal eletromiográfico em um determinado tempo.

## Discussão

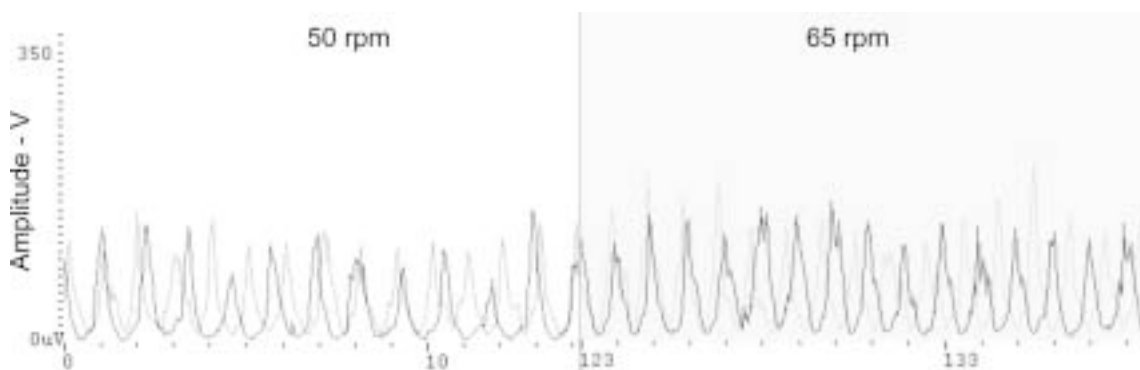
Em todos os traçados eletromiográficos coletados no cicloergômetro aquático não foram maiores em nenhum momento da pedala do que no cicloergômetro padrão (Tabela I), podendo estar relacionado com a diminuição do peso corporal dentro da água, ou com o movimento dentro da água: porque há uma combinação do movimento do

**Tabela I**

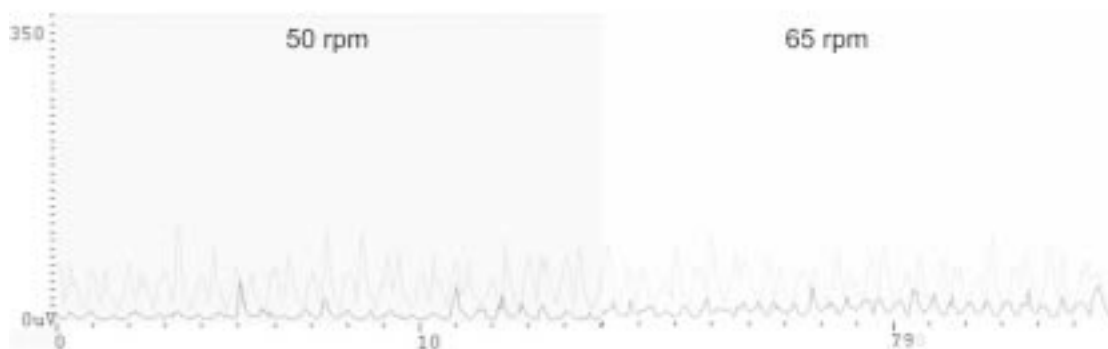
Cicloergômetro	Gastrocnêmio		Bíceps Femoral		Vasto Lateral		Paravertebral L3									
	Padrão	Aquático	Padrão	Aquático	Padrão	Aquático	Padrão	Aquático								
Rpm	50	65	50	65	50	65	50	65	50	65						
Média EMG (mV)	39	38	29	30	49	55	44	52	104	115	65	82	46	50	10	11
DP	10	8	4	6	13	24	19	18	7	9	18	37	4	6	3	4

Rpm: rotações por minuto; mV: microvolt; DP: desvio padrão

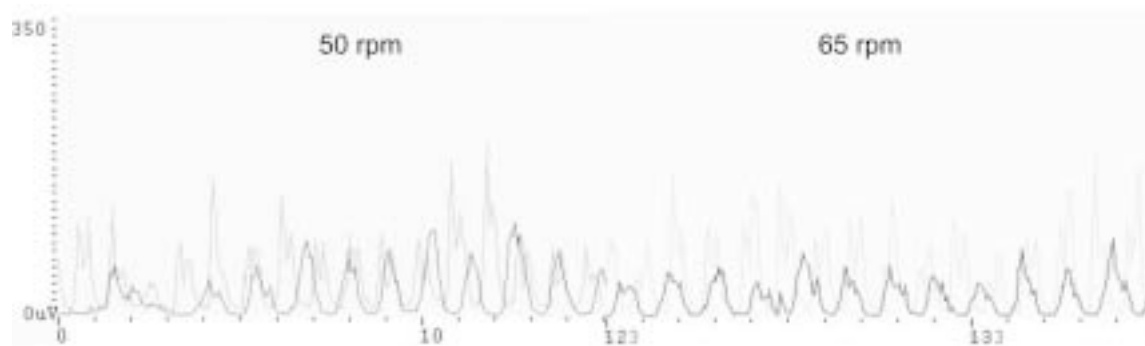
**Fig. 3** – EMG do músculo bíceps femural, sendo o traçado com a cor mais fraca é do cicloergômetro padrão Monark e o de cor mais forte do aquático.



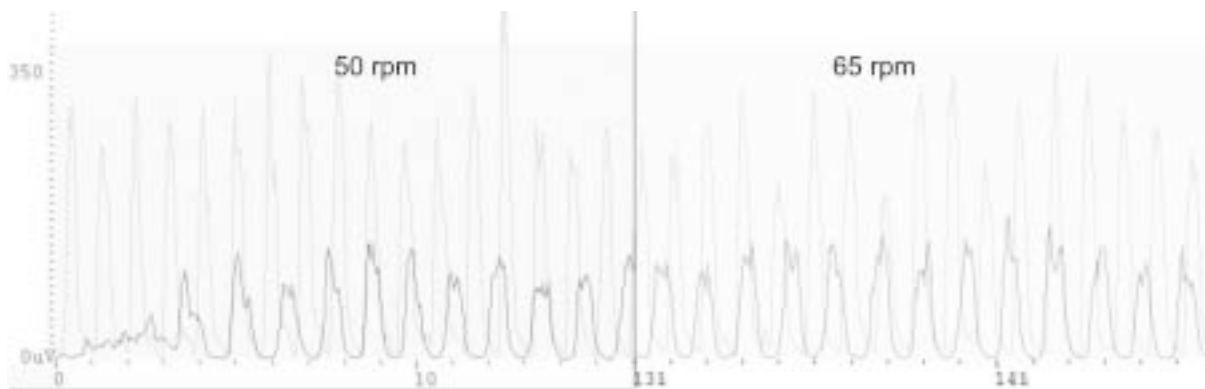
**Fig. 4** – EMG do músculo paravertebral, sendo o traçado com a cor mais fraca é do cicloergômetro padrão Monark e o de cor mais forte do aquático.



**Fig. 5** – EMG do músculo gastrocnêmio, sendo o traçado com a cor mais fraca é do cicloergômetro padrão Monark e o de cor mais forte do aquático.



**Fig. 6** – EMG do músculo vasto lateral, sendo o traçado com a cor mais fraca é do cicloergômetro padrão Monark e o de cor mais forte do aquático.



Na Tabela II, é ilustrada a análise estatística da relação da atividade muscular nas diferentes velocidades e cicloergômetros.

**Tabela II**

Relação entre cicloergômetros e velocidades	Gastrocnêmio		Bíceps Femoral		Vasto Lateral		Paravertebral L3	
	R1M-R1A	R2M-R2A	R1M-R1A	R2M-R2A	R1M-R1A	R2M-R2A	R1M-R1A	R2M-R1A
p	0,258	0,298	0,71	0,807	0,024	0,107	0,002	0,005

R1: 50rpm; R2: 65rpm; M: cicloergômetro padrão Monark; A: cicloergômetro aquático.

Na Tabela III, representa a análise estatística (p) da atividade muscular dos músculos estudados entre as duas diferentes velocidades, mas no mesmo cicloergômetro. Não obtendo, portanto diferenças significativas.

**Tabela III**

Músculos	Gastrocnêmio	Bíceps Femoral	Vasto Lateral	Paravertebral L3
Monark (p)	0,767	0,34	0,136	0,115
Water Bike (p)	0,325	0,097	0,193	0,275

ciclismo com o movimento da água na mesma direção do movimento da pedalada, diminuindo a força de arrasto. Com a diminuição do peso corporal e com a combinação dos movimentos ocorre uma diminuição do recrutamento das unidades motoras dos músculos responsáveis pelo ciclo completo [13,19].

Esta combinação de movimento está de acordo com os princípios da hidrodinâmica, sendo importantes, nesta combinação, as forças do arrasto. O arrasto total pode ser definido como uma força resistente e oposta ao sentido de movimento de um objeto. Além da propriedade de viscosidade da água, a resistência devido à formação da turbulência atrás do objeto. Esta turbulência é gerada pela massa dessa água que é sugada longitudinalmente para trás do objeto em movimento, sendo proporcional ao tamanho e à forma da área frontal do objeto. Assim esta turbulência pode facilitar o movimento de pedalar [13].

Podemos observar que nos músculos gastrocnêmio e bíceps femoral houve uma maior média de ativação no cicloergômetro padrão que no aquático tanto para a velocidade de 50 quanto 65 rpm, apesar de não ter diferença significativa.

Para o vasto lateral houve também uma maior média de ativação no cicloergômetro padrão que no aquático em ambas velocidades, mas sendo que na velocidade de 50 rpm houve diferença significativa e na velocidade de 65 rpm não houve diferença significativa.

De acordo com o estudo de Baum [20] que demonstrou que em um cicloergômetro padrão a atividade muscular é influenciada durante o ciclo completo pela mudança da carga e frequência (velocidade). No presente estudo também se pode afirmar que no cicloergômetro aquático em relação ao cicloergômetro padrão as atividades musculares são influenciadas pela diferença da carga e velocidade (Tabela I – Figs. 3, 4, 5 e 6). Foi observado também que não houve

diferença significativa para o mesmo cicloergômetro em diferentes velocidades e cargas, ilustrado pela Tabela III.

Já nos paravertebrais, houve uma maior média de ativação também no cicloergômetro padrão que no aquático em ambas velocidades, mas tendo diferença significativa estatisticamente em ambas comparações.

Nos paravertebrais, houve uma enorme diferença no recrutamento das fibras musculares, de acordo com a EMG. Podemos dizer que no cicloergômetro aquático a coluna vertebral está bem estável devido ao design da bicicleta e aos princípios da hidrodinâmica (pressão hidrostática – PH, empuxo - E) segundo Pöyhönen *et al.* [13], sendo a somação das forças da PH e do E responsáveis para estabilizações das articulações dentro da água, portanto não requisitando atividade muscular para estabilização da coluna vertebral ou sustentação. Pode-se pensar também que há musculatura sendo ativada que não seja os paravertebrais superficiais, porém são músculos profundos.

Outro aspecto importante para analisar é o Trabalho realizado. Para o cicloergômetro Monark, o Trabalho e Potência podem ser calculados conforme a fórmula abaixo [15]:

$$\text{Trabalho} = \text{Velocidade (rpm)} \times \text{Carga (kg)} \times \text{Distância (m)} \times \text{Duração (min)}$$

Para este estudo, a velocidade, a distância, a duração e a carga foram às mesmas durante a pedalada em ambos os cicloergômetros, assim gerando um mesmo Trabalho. Sendo que na *Water Bike* a ativação muscular registrada pela EMG é menor que no cicloergômetro Monark.

## Conclusão

Nesta pesquisa, analisamos a atividade eletromiográfica dos músculos gastrocnêmio, vasto lateral, bíceps femoral e paravertebrais, em exercícios de pedalada completa, em dois cicloergômetros padrão e aquático.

Há uma semelhança na atividade muscular de membro inferior na pedalada completa para os dois cicloergômetros usados neste estudo, tendo uma menor ativação na água.

Também foi evidenciado que tanto a alteração de carga como a velocidade pode alterar a atividade muscular.

A musculatura paravertebral é mais ativada no cicloergômetro padrão que no aquático, demonstrando que o *design* do cicloergômetro da *Water Bike*, a biomecânica, e as propriedades físicas da água influenciam na atividade muscular. Das referências estudadas não foi analisada a EMG dos paravertebrais em relação ao exercício de pedalar, sendo importante para esta pesquisa devido ao *design* da *Water Bike* não ter assento.

Pode-se concluir que na *Water Bike* necessita de uma menor atividade muscular para realizar um mesmo trabalho executado no cicloergômetro padrão Monark.

No futuro, convém estudar mais músculos relacionados com a pedalada para uma melhor análise da biomecânica da pedalada principalmente no cicloergômetro aquático (*Water Bike*), porque além de ser um cicloergômetro inédito, o ambiente aquático ainda é pouquíssimo estudado utilizando o recurso de EMG.

## Referências

- Hull ML, Jorge M. A method for biomechanical analysis of bicycle pedaling. *J Biomech* 1985;18:631-44.
- Jorge M, Hull ML. Analysis of EMG measurements during bicycle pedaling. *J Biomech* 1986;19:683-94.
- Faria I, Cavanagh P. The physiology and biomechanics of cycling. New York: John Wiley; 1978.
- Gregor RJ, Green D, Garhammer JJ. An electromyographic analysis of selected muscle activity in elite competitive cyclists. *J Biomech* 1982;7:537-541.
- Raasch CC, Zajac FE. Locomotor strategy for pedaling; muscle groups and biomechanical functions. *J Neurophysiol* 1999;82:515-25.
- Tscharner, V. Time-frequency and principal-component methods for the analysis of EMGs recorded during a mildly fatiguing exercise on a cycle ergometer. *J Electromyogr Kinesiol* 2002;12:479-92.
- Basmajian JV, De Luca CJ. *Muscles alive; their functions revealed by electromyography*. 5ª ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1985.
- Clarys JP. Hydrodynamics and electromyography: ergonomics aspects in aquatics. *Appl Ergon* 1985;16:11-24.
- Perry J, Pink M, Jobe FW, Browne A, Scovazzo ML, Kerrigan J. The painful shoulder during the backstroke. An EMG and cinematographic analysis of 12 muscles. *Clin J Sports Med* 1992;2:13-20.
- Pink M, Jobe FW, Perry J, Browne A, Scovazzo ML, Kerrigan J. The painful shoulder during the butterfly stroke. An EMG and cinematographic analysis of 12 muscles. *Clin Orthop* 1993;288:60-72.
- Fujisawa H, Suenaga N, Minami A. Electromyographic study during isometric exercise of the shoulder in head-out water immersion. *J Shoulder Elbow Surg* 1998;7:491-4.
- Kelly BT, Roskin LA, Kirkendall DT, Speer KP. Shoulder muscle activation during aquatic and dry land exercises in nonimpaired subjects. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000;30:204-10.
- Pöyhönen T, Kyröläinen H et al. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. *Clin Biomech* 2001;16: 496-504
- Harrison RA, Hillman M, Bulstrode S. Loading the lower limb when walking partially immersed: Implications for clinical practice. *Physiotherapy* 1992;78:164-6.
- Robert AR, Roberts SO. Ergometria and Calorimetry. In: *Fundamental Principles of Exercise Physiology – For Fitness, Performance and Health*. Washington: McGraw-Hill; 2000. p. 55-58.
- Borg G. Psychological basis of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:371-81.
- De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Applied Biomech* 1997;13:135-63.
- Ervilha UF, Duarte M, Amadio AC. Estudo sobre procedimento de normalização do sinal eletromiográfico durante o movimento humano. *Rev Bras Fisioter* 1998;3:15-20.
- Pöyhönen T, Keskinen KL, Hautala A, et al. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and dry land. *Europ J Appl Phys* 1999;80:52-56.
- Baum BS, Li L. Lower extremity muscle activities during cycling are influenced by load and frequency. *J Electromyogr Kinesiol* 2003;13:181-90. ■