

# Análise eletromiográfica dos músculos adutor da coxa e abdominal inferior em atletas nos meios terrestre e aquático

## *Electromyography analysis of the muscles thigh adductor and lower abdominal of athletes in terrestrial and aquatic environments*

Adriano Borges Polizelli<sup>1</sup>; Marcio Parente<sup>2</sup>; Alderico Rodrigues de Paula Júnior<sup>3</sup>; Regiane Albertini de Carvalho<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestre em Engenharia Biomédica- Fisioterapeuta. Unesc / Uniasselvi. Criciúma, SC – Brasil.

<sup>2</sup>Mestrando em ciências da Reabilitação- Educador Físico. Uninove. São Paulo, SP – Brasil.

<sup>3</sup>Doutor em Física - Eng. Elétrico – Univap. São José dos Campos, SP – Brasil.

<sup>4</sup>Doutora Engenharia Biomédica- Fisioterapeuta. Uninove. São Paulo, SP – Brasil.

### Endereço para correspondência

Adriano Borges Polizelli  
R. Clara Persunh, 215- Itoupava Seca  
89030-140 – Blumenau – SC [Brasil]  
adrianopolizelli@yahoo.com.br

### Local da pesquisa

Clínica de Fisioterapia, Universidade do Extremo Sul  
Catarinense (UNESC). Santa Catarina, RS – Brasil.

### Resumo

**Objetivo:** Analisar a atividade eletromiográfica dos músculos abdominal inferior e adutor da coxa nos meios aquático e terrestre em atletas de futsal, durante o movimento de chute e em esforço isotônico. **Métodos:** Participaram 30 esportistas, 15 do sexo masculino, e 15, do feminino. A atividade elétrica dos dois músculos foi registrada por um eletromiógrafo de superfície. Os *softwares* estatísticos, Matlab e Prisma, foram utilizados para determinar diferenças entre os valores de RMS de cada músculo, em cada exercício, normalizados pela contração isotônica voluntária máxima. **Resultados:** Os resultados demonstram que o músculo abdominal inferior apresentou menor atividade eletromiográfica para ambos os grupos, enquanto o adutor da coxa obteve uma maior atividade eletromiográfica para os grupos masculino e feminino no meio aquático, durante o movimento do chute. **Conclusão:** Verificou-se que o movimento do chute no meio aquático promove maior atividade elétrica do músculo, além de prevenir as lesões em articulações, músculos e tendões.

**Descritores:** Eletromiografia; Esporte; Quadril.

### Abstract

**Objective:** To analyze the electromyographic activity of the lower abdominal muscle and thigh adductor, on terrestrial and aquatic activities with women and men's indoor soccer players. **Method:** For this research, 30 athletes were tested, 15 males and 15 females. The electric activity of the two muscles was recorded by a surface electromyography. The statistical softwares, Matlab and Prisma, were used to determine differences between the values of RMS of each muscle and on each exercise, normalized by the maximum volunteer isotonic contraction. **Results:** The results show that the lower abdominal muscle presented less electromyographic activity on both groups; while the thigh adductor muscle showed a greater electromyographic activity on both groups in the aquatic environment during the kick movement. **Conclusion:** It was verified that the kick movement in aquatic environment causes a greater electric activity of the muscle, besides it helps to prevent lesions in articulations, muscles and tendons.

**Key words:** Electromyography; Hip; Sports.

## Introdução

O trabalho na Fisioterapia Esportiva é bastante diferente de outros tipos de trabalhos fisioterapêuticos, os procedimentos têm de ser mais rápidos e funcionalmente mais efetivos, pois o esportista, mais do que qualquer outro indivíduo, precisará executar todas as funções do seu corpo que envolvam músculos, ossos e articulações, no máximo de potência e amplitude para execução perfeita de todos os movimentos e, principalmente, do gesto esportivo<sup>1,2</sup>. Essa terapia é muito útil no atendimento de atletas de várias modalidades esportivas, por exemplo, os de futebol de salão.

O futebol de salão (futsal) é um esporte em ascensão mundial, que atrai cada vez mais adeptos<sup>3</sup>. Com o aumento de sua popularidade, o número de crianças e adolescentes que praticam o esporte tem crescido significativamente<sup>4</sup>. O treinamento intenso e repetitivo de uma modalidade esportiva, como a do futsal, provoca a hipertrofia muscular e a diminuição da flexibilidade nos atletas, causando desequilíbrio entre a musculatura agonista e antagonista, favorecendo a instalação de alterações posturais<sup>5,6</sup>. Além disso, o excesso de treino pode causar lesões decorrentes do superuso – como microtraumas ocasionados pelo atrito contínuo entre duas ou mais estruturas – e levar a quadros de condromalácia, tendinites, bursites, lombalgias e até fraturas<sup>7</sup>.

Em face do exposto, considera-se importante que o fisioterapeuta que assiste desportistas conheça atividades terapêuticas, como a Fisioterapia Aquática, que é a utilização dos efeitos físicos, fisiológicos e cinesiológicos advindos da imersão do corpo, ou parte dele, em meio aquático, como recurso auxiliar na reeducação musculoesquelética, visando o restabelecimento da saúde, sua manutenção, ou ainda na prevenção de uma alteração funcional orgânica<sup>8</sup>.

Observando essas divergências em relação aos benefícios da hidroterapia e o número restrito de estudos que comparam a atividade elétrica dos músculos no meio aquático e no terrestre, objetivou-se neste estudo comparar e analisar a atividade eletromiográfica do músculo abdo-

minal inferior e do adutor da coxa em atividade no meio aquático e no terrestre, durante o movimento de chute de praticantes de futsal. Para tanto, utilizou-se a eletromiografia (EMG) por ser uma técnica que permite quantificar e avaliar a atividade elétrica do músculo<sup>9, 10, 11, 12, 13</sup>, tanto na água quanto no solo.

Dessa forma, é relevante verificar as diferenças proporcionadas por exercícios no meio terrestre e no meio aquático para o melhor entendimento na prescrição de atividades de prevenção e reabilitação para as atletas.

Diante do exposto, considera-se importante verificar as diferenças de desempenhos proporcionadas por exercícios físicos em tais meios de maneira que essas informações possibilitem aos fisioterapeutas prescreverem atividades preventivas e de reabilitação para os atletas.

## Materiais e métodos

### Sujeitos

O local escolhido para realizar o estudo foi a piscina da Clínica de Fisioterapia da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC). Foram selecionados 30 atletas de futsal, 15 do sexo masculino, e 15, do feminino, com idades entre 18 e 24 anos. Todos os participantes foram convidados para uma palestra explicativa sobre a pesquisa proposta, recebendo orientações sobre os procedimentos adotados. Com isso foi estipulado data e horários preestabelecidos para a familiarização da coleta dos dados. Após elucidadas as dúvidas eles assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), de acordo com as orientações para pesquisas com seres humanos da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Vale do Paraíba (UNIVAP), sob o protocolo CEP /045/07.

O estudo teve como critério de inclusão atletas que realizavam treinamento na equipe de futsal da Universidade do Extremo Sul Catarinense – Unesc (SC), que não tivessem sofrido lesão nos três meses que antecederam o estudo.

## Instrumentos da pesquisa

Foram utilizados os instrumentos do laboratório de Biomecânica Labiomec do curso de Fisioterapia da Unesc.

O espaço da coleta foi preestabelecido pelo pesquisador em uma área de 2 por 2 metros na qual o atleta iria realizar o movimento. Cercou-se em volta do local com uma corda a uma altura de 20 cm do solo e do chão da piscina para que o participante não realizasse uma atividade incorreta nos dois meios, terrestre e aquático.

A piscina coberta e aquecida tinha forma retangular, com dimensões de 5 metros de comprimento por 7 metros largura, dispondo de três distintos níveis de profundidade, tendo o nível 1 80 cm de altura; o nível 2, 1,70 cm, e o 3, 2,20 cm de profundidade, além da baia em uma das paredes da piscina.

A coleta de dados foi realizada na piscina, no segundo nível, a uma profundidade de 1,70 cm, com temperatura entre 28° e 30° C, da Clínica de Fisioterapia da Unesc, sediada no campus de Criciúma.

Os dados foram obtidos por meio do eletromiógrafo da marca EMG System do Brasil. Utilizou-se um conversor Analógico-Digital CAD 12/32, de oito canais, com um ganho de sinal de 1.000 vezes, filtro de 500 Hz (passa baixa) e filtro de 20 Hz (passa alta), frequência de amostragem de 2.000 Hz, *software* de aquisição de dados AQD5.

A técnica utilizada foi a bipolar, sendo os eletrodos, usados para captação dos sinais em ambos os meios, fixados à pele após ter sido higienizada com algodão embebido em álcool a 70%, o que permitiu uma boa aderência da fita bioclusiva ou *silver tape* e, assim, resultados eletromiográficos mais fidedignos.

## Procedimentos

Primeiramente, foi realizado contato com os técnicos dos times de futsal da Unesc a fim de solicitar autorização para que os atletas pudessem participar desta pesquisa.

Foi realizada avaliação cinesiofuncional composta por anamnese, perimetria, inspeção, palpação, goniometria, além dos testes específicos, funcionais e de flexibilidade. Para avaliação e coleta de dados, utilizaram-se os seguintes instrumentos: fita métrica, goniômetro, banco de Wells, cronômetro, bateria portátil, *notebook*, fita *silver tape*, tricotomia (barbeador individual), EMG System Brasil, eletrodos (meio aquático e meio terrestre) e, em seguida, os atletas foram encaminhados para a coleta.

Os sujeitos que concordaram em participar da pesquisa foram instruídos a realizar duas sessões de familiarização com os exercícios, as quais foram efetuadas na piscina em diferentes situações experimentais e com um dia de intervalo entre elas.

Os esportistas durante a coleta de dados ficaram em um espaço determinado pelo pesquisador, de 2 por 2 metros, marcado no chão com uma fita, e nas pontas foram colocados bastões com uma corda de 20 cm de altura do solo para delimitar o movimento dos voluntários. A velocidade foi graduada com cronômetro e com comando de voz.

O movimento do chute foi realizado com rotação externa da coxa, perna e pé e uma leve flexão da perna com contrações isotônica, durante execução do exercício. A velocidade para executar o movimento foi controlada pela cadência de 20 segundos estabelecida em um metrônomo. A atividade muscular foi verificada por meio da média do valor da técnica *root mean square* (RMS).

## Análises de dados

Para análise estatística dos dados, utilizaram-se os *softwares* Matlab e Prisma. Inicialmente, usou-se o *software* Matlab, constante no programa que a EMG System fornece, para coleta de dados por meio do RMS. Em seguida, realizou-se a estatística descritiva – com valor expresso em média aritmética e em desvio-padrão –, utilizando-se o *software* Prisma.

Como todos os dados apresentaram um padrão de distribuição normal, para analisar as variáveis, usou-se o teste “t” Student pareado, na análise de duas amostras relacionadas (intra-grupo) e o teste “t” não pareado para duas amostras independentes

(intergrupos). O nível de significância estatística adotado foi 5% ( $p < 0,05$ ).

## Resultados

Participaram do estudo 30 indivíduos, sendo 15 do sexo masculino, e 15, do feminino, com idade entre 18 e 24 anos, dividida em dois grupos: grupo I, constituído de 15 atletas do futsal masculino da Unesc-SC; e grupo II, composto por 15 indivíduos do futsal feminino desse mesmo local.

A Tabela 1 e a 2 apresentam os dados da anamnese (média e desvio-padrão) dos sujeitos participantes da pesquisa.

**Tabela 1: Medidas dos sujeitos do grupo I pesquisado**

	Idade (anos)	Peso (Kg)	Altura (cm)	IMC (Kg/m <sup>2</sup> )
Média	21	71,53	1,72	23.5
Desvio-padrão	4,24	4,5	0,063	0,79

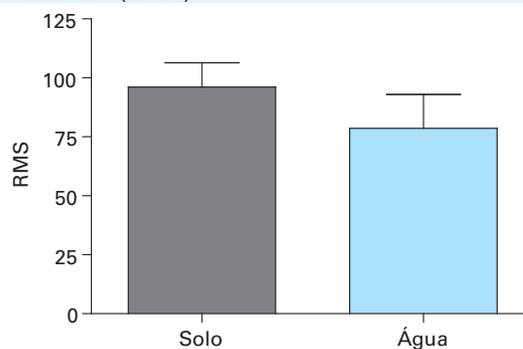
**Tabela 2: Medidas dos componentes do grupo II**

	Idade (anos)	Peso (Kg)	Altura (cm)	IMC (Kg/m <sup>2</sup> )
Média	19,4	61.4	1,67	22
Desvio-padrão	0,89	5,23	0,035	1.58

Os valores de RMS normalizados de cada músculo estudado nos exercícios do chute no meio terrestre e no aquático estão representados nas Figuras 1, 2, 3 e 4. No exercício do chute do músculo abdominal inferior realizado pelas atletas, a diferença maior foi no meio terrestre

em relação ao aquático (Figura 1). E no músculo adutor da coxa, obteve-se uma maior atividade elétrica no meio aquático, verificando-se uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ), quando comparado com o músculo abdominal inferior (Figura 2). Já no exercício de chute do músculo abdominal inferior, executado pelos participantes do sexo masculino, foi maior no meio terrestre em comparação ao aquático, não havendo diferença significativa ( $p < 0,05$ ) (Figura 3). E no mesmo exercício de chute, o músculo adutor da coxa obteve uma maior atividade elétrica na água em comparação com a obtida no solo, comprovado estatisticamente ( $p < 0,05$ ) (Figura 4).

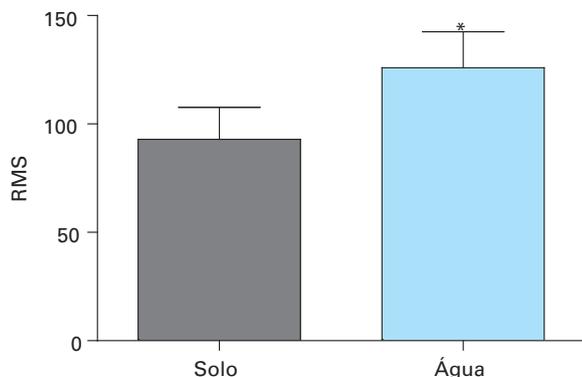
**Figura 1: Médias e desvios-padrão dos valores de RMS normalizados pela contração isotônica voluntária máxima do músculo abdominal inferior durante o movimento do chute das atletas do futsal feminino (n=15)**



## Discussão

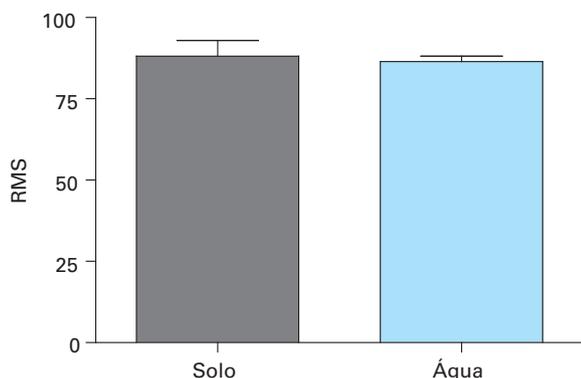
Neste estudo, características do movimento de chute dos atletas do futsal masculino e feminino, no meio terrestre e no aquático, foram investigadas. Alguns músculos foram ativados eletromiográficos com maior intensidade, quando comparado o meio terrestre com o aquático. No início das fases de flexão e extensão de um movimento sem intervalo, a perna se opõe às forças de resistências causadas pela turbulência e no fim da fase esse fluxo vem auxiliar o movimento da perna. Por isso, durante o movimento

**Figura 2:** Médias e desvios-padrão dos valores de RMS normalizados pela contração isotônica voluntária máxima do músculo adutor da coxa durante o movimento do chute das atletas do futsal feminino (n=15)



\*valores significativos ( $p < 0,05$ )

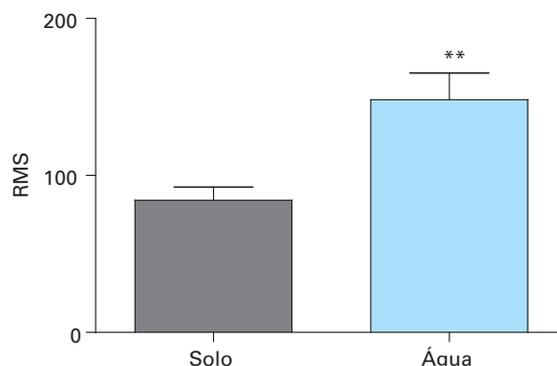
**Figura 3:** Médias e desvios-padrão dos valores de RMS normalizados pela contração isotônica voluntária máxima do músculo abdominal inferior durante o movimento do chute das atletas do futsal masculino (n=15)



o corpo exerce uma força causada pela turbulência do meio<sup>14, 15</sup>.

Vale lembrar que no meio aquático, além dessa sequência de eventos das forças musculares produzidas há outras forças que devem ser consideradas. Nesse sentido, as diferenças encontradas nesta pesquisa podem ser atribuídas principalmente à força de arrasto e de empuxo, que são desconsideradas no meio terrestre em condições normais.

**Figura 4:** Valores de RMS, médios e desvio-padrão, normalizados pela contração isotônica voluntária máxima do músculo abdominal inferior durante o movimento do chute das atletas do futsal feminino (n=15)



\*valores significativos ( $p < 0,05$ )

Enquanto a força de arrasto, no meio aquático, proporciona uma resistência ao movimento e, conseqüentemente, diminui sua velocidade, a força de empuxo reduz o peso corporal aparente. Acrescenta-se que o peso hidrostático e as forças compressivas diminuem no ambiente aquático, devido às forças características que atuam nesse meio, minimizando, assim, o estresse articular<sup>16</sup>. No início das fases de flexão e extensão de um movimento sem intervalo, a perna se opõe às forças de resistências causadas pela turbulência e no fim da fase esse fluxo vem a auxiliar o movimento da perna<sup>14, 15</sup>.

Em um estudo<sup>14</sup>, analisaram-se o aumento da força muscular em atividades realizadas no meio líquido. Nessa pesquisa, estudaram-se dois grupos: um composto por indivíduos que utilizaram equipamento resistivo para o treino, e um que não usou. Em ambos os grupos foram encontrados aumento na força muscular após o período de treino; porém, no grupo que não utilizou equipamento os níveis de força foram maiores. As autoras acreditam que o aumento da força muscular pode ser justificado pelos aumentos da velocidade do movimento e da área de superfície do equipamento resistivo. Desse modo, pode-se inferir que a velocidade de movimento pode ser mais relevante no aumento da sobrecarga do que a área<sup>17, 18, 19</sup>.

É importante ressaltar que no estudo aqui apresentado todos os atletas foram instruídos a realizar o movimento de chute no meio aquático idêntico ao do terrestre, com a mesma velocidade graduada pelo pesquisador, de acordo com procedimentos adotados em estudos anteriores<sup>15,20</sup>.

Neste estudo, o sinal eletromiográfico não foi analisado, embora a eletromiografia (EMG) de superfície seja uma forma de medida, utilizada por pesquisadores e clínicos, não invasiva para estudar a neurofisiologia muscular nos diferentes tipos de contração<sup>21</sup>. Foi relatado que a EMG tem uma correlação linear perfeita com a força em contrações do tipo concêntrica, quando comparada com ações excêntricas<sup>22,15</sup>.

Verificou-se que a atividade média eletromiográfica normalizada do músculo abdominal inferior foi igual a do adutor, no meio aquático, para os grupos masculino e feminino, com nível de significância de  $\alpha=0,05$ . Entretanto, quando comparado cada um dos dois músculos com os gêneros, verificou-se que tal atividade média, tanto no abdominal inferior quanto no adutor, foi diferente entre os homens e as mulheres, obtendo nível de significância de  $\alpha=0,05$ , em relação a cada músculo, respectivamente.

Com base nos testes de hipótese, pode-se afirmar que a atividade eletromiográfica do músculo abdominal inferior não difere significativamente entre os exercícios realizados no meio terrestre e os efetuados no aquático, tanto para o grupo masculino ( $p=0,7354$ ) como para o feminino ( $p=0,3202$ ); quanto ao músculo adutor, observou-se que essa atividade difere significativamente comparando os exercícios executados no meio terrestre com os feitos no aquático, tanto para os homens ( $p=0,0092$ ), para  $p<0,5$ , como para as mulheres ( $p=0,0635$ ), para  $p<0,1$ .

Quando comparado o sinal eletromiográfico entre a água e a terra, observou-se que a amplitude do sinal foi menor na água; no entanto, não houve diferença significativa entre os dois meios<sup>23,24</sup>.

Assim, concluiu-se que as atividades eletromiográficas do músculo abdominal inferior diferem significativamente das do adutor no

meio aquático, quando normalizado com atividade no meio terrestre, durante a realização dos exercícios tanto para o grupo masculino ( $p=0,0066$ ) quanto para o feminino ( $p=0,0229$ ). Além disso, a atividade eletromiográfica média para o músculo abdominal inferior não difere significativamente entre o grupo dos homens e com o das mulheres para atividade na água ( $p=0,9624$ ). O mesmo foi observado para o músculo adutor ( $p=0,2155$ ).

## Conclusão

Neste estudo, demonstrou-se que a análise eletromiográfica do chute dos atletas do futsal masculino e do feminino, no meio terrestre e no aquático, foi importante para observar e comparar os dois meios entre si.

Diante do exposto, pode-se concluir que a atividade eletromiográfica no músculo adutor da coxa dos homens, no meio aquático, obteve uma diferença estatisticamente significativa. Já no grupo das mulheres observou-se uma tendência a tal atividade maior no meio aquático do que no terrestre, para o mesmo músculo.

Os resultados nesta pesquisa claramente indicaram que a realização de um movimento dinâmico como o chute com velocidade progressiva no meio líquido produziu efeitos na amplitude do sinal eletromiográfico nos dois grupos (masculino e feminino) em relação ao terrestre.

Pode-se observar que a atividade eletromiográfica do músculo adutor da coxa tem maior efetividade no meio aquático em comparação com tal atividade no terrestre e, conseqüentemente, comprova-se que é de extrema importância o exercício, a reabilitação e o treinamento de atletas no meio aquático para sua proteção osteomioarticular.

É imprescindível salientar que a fisioterapia aquática previne lesões nas articulações dos esportistas durante a temporada de provas. Por esse motivo, sugerem-se mais pesquisas comparando a eletromiografia no meio terrestre com a

no aquático para maior compreensão da atividade elétrica do músculo.

## Referências

- Rodrigues, A. Lesões músculo-esqueléticas nos esportes. São José do Rio Preto: CEFESPAR; 1996.
- Torres SF, Mannrich G, Archer MB, Spaniol M, Biscarro F, Koerich S. Lesões desportivas decorrentes da prática do Handebol. *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9:1.
- Metzel JD, Micheli LJ. Youth soccer: an epidemiologic perspective. *Clin Sports Med*. 1998;17:663-73.
- D'Hooge M, Watteyne R, Deneve J. Locomotor injuries in young players. In: Ekblom B, (ed.). *Football (soccer)*. Boston: Oxford, Blackwell Scientific; 1994. p. 195-7.
- Carazzato JG. Atividade física na criança e no adolescente. In: Ghorayeb N, Barros T (ed.). *O exercício*. São Paulo: Atheneu; 1999. p. 351-61.
- Zito M. The adolescent athlete: a musculoskeletal update. *J Orthop Sports Phys. Ther*. 1983;5:20-5.
- Marcondes E. Atividade física e crescimento. *Pediatria*, São Paulo. 1985;7:51-60.
- Gomes da Silva T F, Suda E Y, Marçulo C A, Silva Paes F H, Pinheiro G T. Comparação dos efeitos da estimulação elétrica nervosa transcutânea e da hidroterapia na dor, flexibilidade e qualidade de vida de pacientes com fibromialgia. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2008;15:118-24.
- Vaz MA, Guimarães ACS, Campos MIA. Análise de exercícios abdominais: um estudo biomecânico e eletromiográfico. *Rev Bras Ciênc Mov*. 1991;5:18-40.
- Bierman W, Yamshon LJ. Electromyography in kinesiological evaluations. *Arch Phys Med*. 1948;29:206-11.
- Basmajian JV, De Luca CJ. *Muscles alive, their functions revealed by eletromyography*. 5ª ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1985. p. 409-28.
- Kumar S, Mital A. *Electromyography in ergonomics*. UK: Taylor & Francis; 1996.
- Barela AMF. Análise biomecânica do andar de adultos e idosos nos ambientes aquáticos e terrestre. [tese de doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2005.
- Pöyhönen T, Tapani Pöyhönen, Kyröläinen H, Keskinen K L, Hautalac A, Savolainen J, Mälkiä E. Electromyographic and kinematic analysis of therapeutic knee exercises under water. *Clin Biomech*. 2001;16:496-504.
- Black GL. Estudo comparativo entre a respostas eletromiográficas realizado com exercícios de velocidade e resistência variável no meio líquido. [dissertação de mestrado]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2005.
- Kruel LFM. Peso hidrostático e frequência cardíaca em pessoas submetidas a diferentes profundidades de água. [dissertação de mestrado]. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Educação Física e Desportos. Curso de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano; 1994.
- Barella RE. Estudo da força muscular em mulheres idosas praticantes de hidroginástica. [monografia de graduação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2002.
- Ambrosini AB. Efeitos de um treinamento de força muscular realizado em aulas de hidroginástica. [monografia de graduação]. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2003.
- Cardoso A, Tartaruga L, Barella R, Brentano M, Kruel L. Effect of a deep water training program on women's muscle strength. *FIEP Bulletin*. 2004;71:590.
- Alberton CL. Respostas cardiorespiratórias e neuromusculares da corrida estacionária em diferentes cadências nos meios aquático e terrestre. [dissertação de mestrado] Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2007.
- Hunter A, Gibson A, Lambert M, Dennis S, Mullany H, O'Malley M, Vaughan C, Kay D, Noakes T. EMG amplitude in maximal and submaximal exercise is dependent on signal capture rate. *Int J Sports Med*. 2003;23:83-9.
- Aratow M, Ballard R, Crenshaw A, Styk C, Watenpaugh D, Kahan N, Hargens A. Intramuscular and electromyography as indexes of force during isokinetic exercise. *J Appl Physiol*. 1993;74:2634-40.
- Clarys J. Hydrodynamics and electromyography: ergonomics aspects in aquatics. *Appl Ergon*. 1985;16:11-24.
- Pöyhönen T, et al. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land. *European Journal Applied Physiology*. 1999;80:52-6.

