

ELETROMIOGRÁFIA DO RETO FEMORAL EM DIFERENTES EQUIPAMENTOS PROPRIOCEPTIVOS NO MEIO AQUÁTICO



ARTIGO ORIGINAL

ELETROMYOGRAPHY OF THE RECTUS FEMORIS IN DIFFERENT PROPRIOCEPTIVE DEVICES IN A HYDROTHERAPY POOL

ELECTROMIOGRAFÍA DEL RECTO FEMORAL EN DIFERENTES EQUIPAMIENTOS PROPRIOCEPTIVOS EN EL MEDIO ACUÁTICO

Cassio Noronha Martins¹
(Fisioterapeuta)

Cassius Porciuncula Tarouco²
(Fisioterapeuta)

Daniela Gomez Martin²
(Fisioterapeuta)

Luis Ulisses Signori³
(Fisioterapeuta)

1. Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, RS, Brasil.

2. Universidade Católica de Pelotas (UCPel), Pelotas, RS, Brasil.

3. Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul (IC/FUC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

Correspondência:

Luis Ulisses Signori - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Centro de Ciências da Saúde (CCS), Curso de Fisioterapia, Av. Roraima nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria, RS. CEP: 97105-900. l.signori@hotmail.com

RESUMO

Introdução: A propriocepção é uma variável imprescindível para prevenção e reabilitação das lesões do joelho, podendo ser estimulada por diferentes equipamentos, os quais ainda não foram testados em meio aquático. **Objetivo:** Avaliar a atividade eletromiográfica (EMG) do músculo reto femoral de atletas no meio aquático frente a três diferentes equipamentos proprioceptivos (cama elástica, disco proprioceptivo e balancim). **Métodos:** A amostra foi composta por dez jogadores de futsal profissional, sem histórico de lesões musculoesqueléticas (últimos três meses), com 23,1 ($\pm 1,5$) anos e índice de massa corporal 25,2 ($\pm 0,5$) kg/m². A aquisição do sinal EMG do reto femoral do membro dominante foi adquirido por eletrodos de superfície, aproximadamente 2,5 cm da posição distal do ponto motor. O nível da água foi ajustado individualmente (entre a região umbilical e o processo xifoide) e a temperatura mantida a 32 °C. As avaliações compreenderam o repouso, a contração voluntária máxima (CVM) antes e depois dos experimentos e os estímulos proprioceptivos (cama elástica, disco proprioceptivo e balancim) em apoio unipodal. Os dados (média \pm erro padrão) foram comparados pelo teste-t pareado e pela ANOVA para medidas repetidas seguida de teste Bonferroni (*post hoc*). **Resultados:** A EMG da CVM antes (221,0 \pm 134 RMS/ μ Volts) e depois (243,0 \pm 154,0 RMS/ μ Volts) foi semelhante ($p = 0,129$). No meio aquático, a cama elástica, o balancim e o disco apresentaram respectivamente 24,5 ($\pm 4,3$), 33,9 ($\pm 4,3$) e 32,5 ($\pm 6,7$) %CVM. A atividade EMG do reto femoral na cama elástica foi 8% menor que o balancim e 9,5% que o disco proprioceptivo ($p < 0,001$). **Conclusão:** No meio aquático os equipamentos proprioceptivos promovem a ativação do reto femoral. Entretanto, a cama elástica apresenta menor atividade que o disco e o balancim, sugerindo-se que este equipamento deva ser utilizado no início da estimulação proprioceptiva.

Palavras-chave: eletromiografia, hidroterapia, propriocepção.

ABSTRACT

Introduction: Proprioception is an essential variable for prevention and rehabilitation of knee injuries and can be stimulated by different equipment, which have not yet been tested in water. **Objective:** To evaluate the electromyographic (EMG) activity of the rectus femoris muscle of athletes in aquatic environment using three different proprioceptive equipment (trampoline, balance disc and rocker board). **Methods:** The sample comprised ten professional futsal players with no history of musculoskeletal injuries (last three months), with 23.1 (± 1.5) years old and body mass index of 25.2 (± 0.5) kg/m². The EMG of the rectus femoris of the dominant member was acquired by placing surface electrodes approximately 2.5cm from the distal position of the motor point. The water level was individually adjusted (between the umbilical region and the xiphoid process) and the temperature was maintained at 32°C. The evaluations included rest, maximum voluntary contraction (MVC) before and after the experiments and proprioceptive stimuli (trampoline, balance disc and rocker board) in one leg. The data (mean \pm standard error) were compared by paired t-test and ANOVA for repeated measures followed by Bonferroni post-hoc test. **Results:** The EMG of MVC before (221.0 \pm 134 RMS/ μ Volts) and after (243.0 \pm 154.0 RMS/ μ Volts) were similar ($p=0.129$). In the aquatic environment, the trampoline, the rocker board and the balance disc showed respectively 24.5 (± 4.3), 33.9 (± 4.3) and 32.5 (± 6.7) %CVM. The EMG activity of the rectus femoris muscle in the trampoline was 8% lower than the rocker board and 9.5% than the balance disc ($p<0.001$). **Conclusion:** In the aquatic environment proprioceptive equipment promote the activation of the rectus femoris muscle. However, the trampoline has lower activity than the disc and the rocker board, suggesting that this equipment should be employed at the beginning of the proprioceptive stimulation.

Keywords: electromyography, hydrotherapy, proprioception.

RESUMEN

Introducción: La propiocepción es una variable imprescindible para prevención y rehabilitación de las lesiones de la rodilla, pudiendo ser estimulada por diferentes equipamientos, los que aún no fueron probados en medio acuático. **Objetivo:** Evaluar la actividad electromiográfica (EMG) del músculo recto femoral de atletas en el medio acuático frente a tres diferentes equipamientos proprioceptivos (cama elástica, disco proprioceptivo y balancín). **Métodos:** La muestra fue compuesta por diez jugadores de futsal profesional, sin historial de lesiones musculoesqueléticas (últimos tres meses), con 23,1 ($\pm 1,5$) años e índice de masa corporal 25,2 ($\pm 0,5$) kg/m². La adquisición de la señal EMG del recto femoral del miembro dominante fue adquirida por electrodos de superficie, aproximadamente 2,5 cm de la posición distal

del punto motor. El nivel del agua fue ajustado individualmente (entre la región umbilical y el proceso xifoide) y la temperatura mantenida a 32 °C. Las evaluaciones comprendieron el reposo, la contracción voluntaria máxima (CVM) antes y después de los experimentos y los estímulos propioceptivos (cama elástica, disco propioceptivo y balancín) en apoyo unipodal. Los datos (promedio \pm error estándar) fueron comparados por el test-t apareado y por ANOVA para medidas repetidas seguida de test Bonferroni (post hoc). Resultados: La EMG de la CVM antes ($221,0 \pm 134$ RMS/ μ Volts) y después ($243,0 \pm 154,0$ RMS/ μ Volts) fueron semejantes ($p = 0,129$). En el medio acuático, la cama elástica, el balancín y el disco presentaron respectivamente 24,5 ($\pm 4,3$), 33,9 ($\pm 4,3$) y 32,5 ($\pm 6,7$) %CVM. La actividad EMG del recto femoral en la cama elástica fue 8% menor que el balancín y 9,5% que el disco propioceptivo ($p < 0,001$). Conclusión: En el medio acuático los equipamientos propioceptivos promueven la activación del recto femoral. Entretanto, la cama elástica presenta menor actividad que el disco y el balancín, sugiriéndose que este equipamiento deba ser utilizado al inicio de la estimulación propioceptiva.

Palabras clave: electromiografía, hidroterapia, propiocepción.

INTRODUÇÃO

A propriocepção é o mecanismo de percepção espacial que se da pela comunicação de receptores aferentes (articulações, músculos, tendões e cápsulas articulares) que enviam sinais ao sistema nervoso central, o qual processa essas informações resultando na compreensão corporal e produz reajustes quando necessários para a preservação do equilíbrio e/ou para a execução adequada dos movimentos¹. As lesões musculoesqueléticas interferem nessas informações enviadas pelos receptores aferentes, prejudicando a interpretação e a velocidade das respostas neuromusculares². O treinamento propioceptivo é utilizado para a prevenção e/ou tratamento de lesões musculoesqueléticas, pois aceleraram o tempo de reabilitação e diminuem as recidivas^{3,4}.

No Brasil, o futsal é o esporte coletivo mais praticado, onde os treinos e as competições modificam o estado emocional⁵ e favorecem as lesões musculoesqueléticas de atletas e não atletas⁶, em especial na articulação do joelho³. As lesões do ligamento cruzado anterior (LCA) levam a uma perda de inervação da via aferente intra-ligamentar afetando o sistema propioceptor⁷. O músculo reto femoral apresenta uma capacidade articular multifuncional (joelho e quadril), onde o recrutamento das unidades motoras são um indicador da atividade musculoesquelética e suas porções mediais e proximais estão mais relacionadas às suas ações no joelho⁸. A reabilitação aquática (hidroterapia) vem sendo utilizada como ferramenta adicional para o tratamento das disfunções musculoesqueléticas, pois as forças físicas encontradas no meio líquido proporcionam efeitos fisiológicos e terapêuticos que atuam sobre os diferentes sistemas do organismo⁹. Nas lesões do sistema musculoesquelético, este meio proporciona analgesia, redução de edema, ganho da amplitude de movimento, diminuição da sobrecarga e da rigidez articular¹⁰, promovendo o relaxamento e a modulação do tônus muscular¹¹. A associação desses fatores favorece a realização precoce de exercícios propioceptivos nas fases iniciais da reabilitação do joelho^{11,12}.

Os exercícios propioceptivos visam provocar perturbações no equilíbrio, levando a um *feedback* sensorial, que promove respostas reflexas dinâmicas para o controle neuromuscular de uma determinada articulação¹³. As contrações musculares resultantes podem ser avaliadas pela eletromiografia (EMG), a qual permite a quantificação da atividade muscular em meios aquáticos e terrestres^{2,14,15}. Entretanto, os exercícios realizados na água apresentam uma menor ativação muscular e a profundidade desta é inversamente proporcional a EMG do músculo estudado^{15,16}. Neste contexto, os trabalhos propioceptivos realizados nas fases iniciais da reabilitação musculoesquelética podem ser beneficiados por este meio¹⁰⁻¹². Esse treinamento pode ser realizado com a ajuda de diferentes equipamentos, dentre estes, a cama elástica, o balancim e o disco, entretanto, a ativação eletromiográfica do músculo reto femoral frente a esses equipamentos ainda não foi estudada em meio aquático. A presen-

te pesquisa objetivou comparar a intensidade da ativação do músculo reto femoral de atletas praticantes de futsal frente a três equipamentos propioceptivos (cama elástica, disco e balancim) no meio aquático.

MÉTODOS

O presente projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Católica de Pelotas (UCPel), sob o protocolo nº 2010/67. Todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi desenvolvido na Piscina de Hidroterapia da Clínica de Fisioterapia no Campus Dr. Franklin Olivé Leite da UCPel, localizado na cidade de Pelotas, RS, Brasil.

Os dezesseis atletas que faziam parte do plantel da equipe de futebol de salão (FUTSAL) profissional da UCPel durante a pré-temporada de 2011 foram convidados a participar do estudo. Os critérios de inclusão para o estudo compreenderam o gênero masculino, com idades entre 18 e 35 anos, praticantes de futsal profissional há pelo menos uma temporada. Os voluntários que relatassem e presença de dor ou desconforto durante as avaliações, diagnóstico prévio (três meses antes da avaliação) de lesão musculoesquelética que o impossibilitassem de treinar e/ou jogar e não realizassem a tricotomia previamente (24h) solicitada foram excluídos. As avaliações ocorreram no período de pré-temporada e foram excluídos seis voluntários, sendo que três não realizaram a tricotomia prévia e três relataram lesões musculoesqueléticas três meses antes a avaliação. O fluxograma do estudo encontra-se representado na figura 1. A amostra foi composta por dez atletas, os quais foram randomizados (através de envelope pardo) para estabelecer a ordem dos equipamentos propioceptivos a serem avaliados. As avaliações foram realizadas no membro dominante informado.

Para a coleta do sinal EMG foram realizados os procedimentos de tricotomia da pele na região clavicular (eletrodo referência) e na região anterior da coxa (músculo reto femoral) do membro dominante, região está demarcada pelo atlas eletromiográfico SENIAM¹⁷. A depilação complementar e a limpeza da pele com abrasão de algodão umedecido em álcool na superfície muscular foi realizada no dia da avaliação. Este procedimento foi adotado para a eventual remoção de células mortas, diminuição da resistência da pele à passagem do sinal, desta forma diminuindo as impedâncias⁸.

Os eletrodos de superfície MedTrace pediátrico (Mini Medi-Trace 200, Kendall™; Miami, FL, USA) descartáveis (com gel Ag/Ag-CL, configuração bipolar, raio = 15 mm) foram posicionados no músculo reto femoral (cerca de 1,5 cm da posição distal do ponto motor) e o eletrodo referência foi posicionado na face anterior da clavícula^{14,18}.

O nível de resistência entre os eletrodos e a pele foi medido no início de cada sessão com um multímetro digital (Mc-153, Minipa; São Paulo, SP, Brasil) e considerando ideal abaixo de 3000 Ohms¹⁹. Para o isolamento dos eletrodos, foi colocado adesivo oclusivo transparente (1634 W e 1636 W, TEGADERM, 3M™; Sumare, SP, Brasil) e para completo

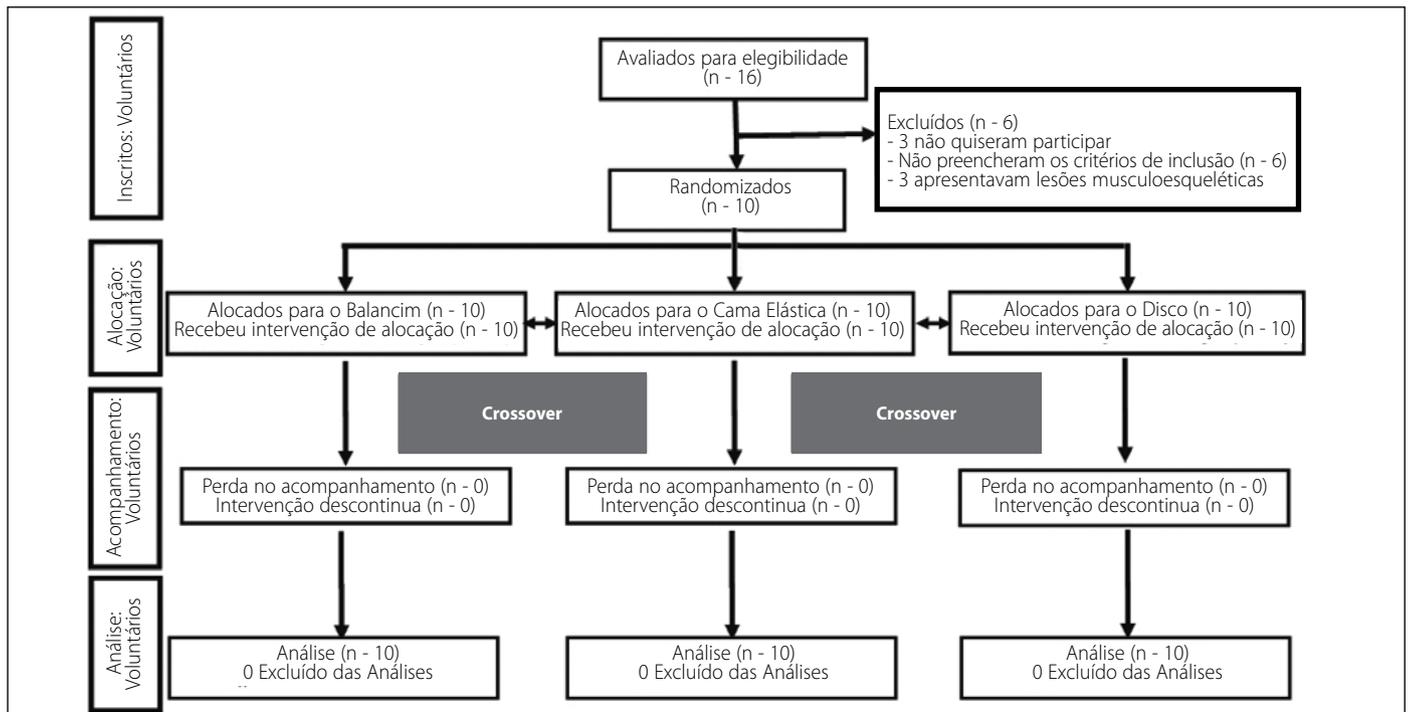


Figura 1. Fluxograma da elegibilidade dos voluntários.

isolamento foi colocado na saída dos cabos silicone impedindo assim a entrada de água^{20,21}. Os cabos e o pré-amplificador foram presos com Fita Tape (Silver Tape 8979, 3M™; Saint Paul, MN, USA)²¹.

Os equipamentos proprioceptivos utilizados foram balancim, cama elástica e o disco. O balancim (balanço balancim 1233, Carci™; São Paulo, SP; Brasil) de aço com plataforma central fixada por correntes e piso revestido de material antiderrapante apresentando dimensões externa total: 0,70 x 0,40 x 0,55m (C x L x A), dimensões da base interna: 0,40 x 0,20 cm (C x L) e pesando 4,8 kg. Para aumentar a dificuldade no balancim, retirando-se duas argolas da ponta anterior esquerda e duas da ponta posterior direita. A cama elástica (Minicama Elástica - BT100, Bioshape; São José, SC, Brasil) apresentava um peso de 4 kg, tamanho 90 x 20 cm (L x A) e suporta 100 kg. O disco inflável de propriocepção (Disco Flex, Mercur™; Santa Cruz do Sul, RS, Brasil) de policloreto de vinila, apresentando o peso de 850 g e 33 cm de diâmetro e resistente até 150 kg.

Inicialmente foram realizadas fora da água, as avaliações das atividades musculares (EMG) do reto femoral em repouso e em contração voluntária máxima (CVM antes). Essas avaliações de repouso e durante a CVM (depois) foram repetidas após intervenções proprioceptivas realizadas em meio aquático. Os dados do repouso e da CVM (antes e depois) foram utilizados para a normalização da amplitude do sinal eletromiográfico²⁰. Para a realização das CVM (antes e depois), os atletas foram posicionados deitados, com flexão de 45° de quadril e flexão de joelho de 60° e realizaram uma extensão máxima isométrica ao empurrar uma parede (posicionada a sua frente). A temperatura da água da piscina encontrava-se a aproximadamente 32°C. O nível da água encontrava-se entre a cicatriz umbilical e o apêndice xifoide.

Ao entrar na piscina os voluntários realizaram para cada equipamento (balancim, cama elástica e disco) três isometrias de 10 segundos com intervalo de 30 segundos entre cada série. O tempo de intervalo entre os equipamentos proprioceptivos (balancim, cama elástica e disco) foram de 5 minutos. Os exercícios proprioceptivos foram realizados com apoio unipodal (membro dominante) elegido pelos atletas, sendo mantida uma postura de flexão de 45° de quadril e 60° de joelho estas assegurada por um goniômetro manual. Os exercícios proprioceptivos realizados no balancim, na cama elástica e no disco estão demonstrados respectivamente nas figuras 2A, 2B e 2C.

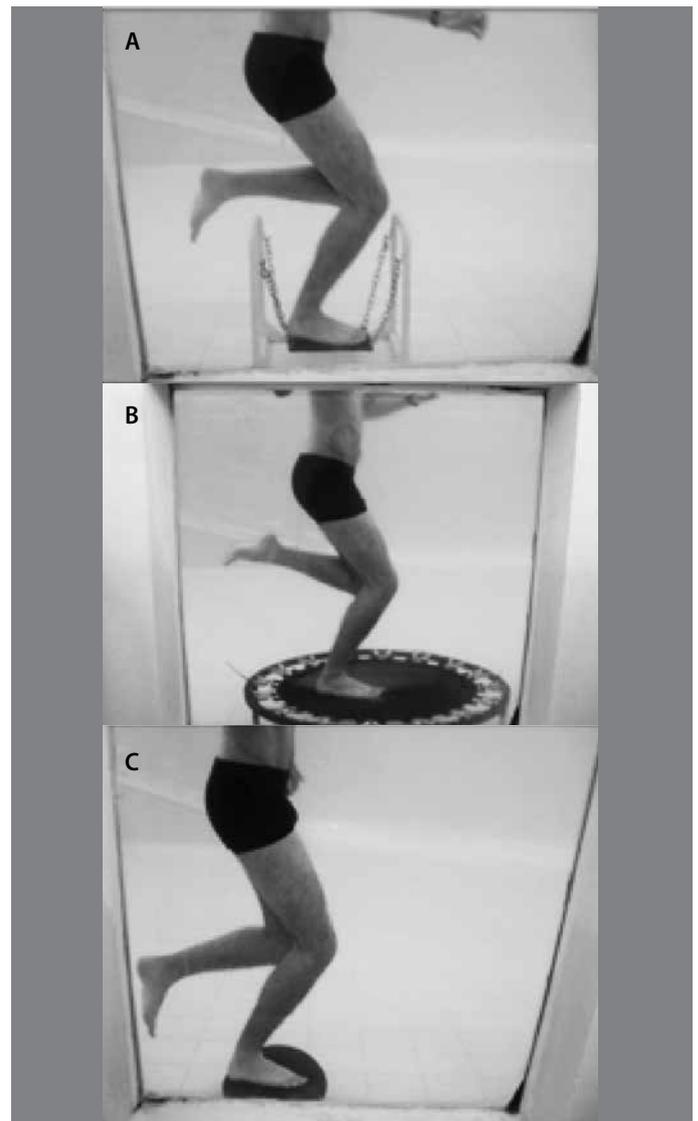


Figura 2. Apoio unipodal nos diferentes equipamentos proprioceptivos. Balancim (A), Cama Elástica (B) e Disco (C).

Os sinais eletromiográficos foram coletados através do aparelho Mio-tool 400 (MIOTEC® Equipamentos Biomédicos, Porto Alegre, RS, Brasil), composto por um sistema de 2 canais, com frequência de amostragem por canal de 2000 Hz/seg.

Os dados coletados foram transmitidos por conexão de um microcomputador notebook via porta USB. O software Miograph 2.0 USB (MIOTEC®, São Paulo, SP, Brasil) foi utilizado para a coleta, após o sinal EMG coletado passou pelos devidos tratamentos digitais, como um filtro passa-banda Butterworth de 4ª ordem com frequências de corte entre 20 e 500 Hz²². Para obtenção dos valores *root mean square* (RMS) da atividade muscular foram adquiridos em uma janela de 5 segundos, os sinais foram recortadas entre os tempos 2 a 7 segundos²². Esses valores foram normalizados pela CVM e expressos em percentual da contração voluntária máxima (%CVM), para a posterior análise estatística.

Análise Estatística

Os dados estão apresentados em forma de média e erro padrão (EP). A distribuição da normalidade foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. As variáveis com duas medidas foram comparados pelo teste-*t* pareado, as com mais de duas medidas foram analisadas pela ANOVA para medidas repetidas seguida de *post hoc* Bonferroni. As diferenças entre as médias foram apresentadas com seus respectivos intervalos de confiança de 95% (IC_{95%}). A taxa de erro alfa de 5% ($p < 0,05$) foi considerada significativa.

RESULTADOS

Os dez jogadores de FUTSAL profissional da UCPEL apresentavam-se com 23,1 ($\pm 1,5$) anos de idade, pesando 78,3 ($\pm 1,7$) kg, altura de 1,76 ($\pm 0,02$) metros e índice de massa corporal de 25,2 ($\pm 0,5$) kg/m². A dominância do membro inferior direito foi referida em oito atletas.

Os valores de repouso do sinal EMG do músculo reto femoral realizadas fora da água antes (22,5 \pm 5,8 μ Volts) e depois (28,8 \pm 10,2 μ Volts) dos exercícios proprioceptivos não apresentaram diferenças ($p = 0,560$). Dados apresentados na figura 3A. Os valores de RMS das contrações voluntárias máximas (CVM) do músculo reto femoral antes (221,0 \pm 134,0 μ Volts) e depois (243,0 \pm 154,0 μ Volts) dos exercícios proprioceptivos (realizadas fora da água) não apresentaram diferenças ($p = 0,129$) (figura 3A, B e C).

A atividade EMG do músculo reto femoral avaliada no meio aquático (entre o processo xifoide e a cicatriz umbilical) frente aos estímulos proprioceptivos induzidos pela cama elástica, balacim e o disco foram aproximadamente três vezes maior que o repouso realizado no meio terrestre ($p < 0,001$). O percentual de ativação eletromiográfica relativizada pela Contração Voluntária Máxima (%CVM) do músculo reto femoral para a cama elástica foi de 24,5 ($\pm 4,3$ %CVM μ Volts), para o balacim de 33,9 ($\pm 4,3$ %CVM μ Volts) e para o disco de 32,5 ($\pm 6,7$ %CVM μ Volts).

Os equipamentos proprioceptivos apresentaram diferentes ativações eletromiográficas ($p = 0,009$). Dados apresentados na figura 3C. O disco e o balacim apresentaram maior ativação EMG que a cama elástica, sendo estes valores respectivamente 8,0% (IC_{95%} da diferença 15,4 a 0,6; $p = 0,031$) e 9,3% (IC_{95%} da diferença 16,7 a 1,9; $p = 0,006$) superiores aos valores da cama elástica. O disco e o balacim não apresentaram diferença na atividade EMG (IC_{95%} da diferença 8,7 a -6,0; $p = 0,977$).

DISCUSSÃO

Os diferentes equipamentos proprioceptivos apresentam ativação do reto femoral de jogadores profissionais de futsal com a água ao nível da cicatriz umbilical. Entretanto, esses estímulos proprioceptivos apresentaram diferentes respostas EMG, onde a cama elástica apresentou menor atividade muscular que o balacim e o disco.

As principais propriedades físicas da água são o empuxo e a pressão hidrostática que atuam de forma multidimensional no corpo imerso a

água²³. O nível de profundidade é determinante para a flutuação do corpo, pois o empuxo atua como uma força contrária e igual ao peso da porção de fluido deslocada pelo corpo²⁴. No presente estudo, a profundidade da água utilizada (entre a cicatriz umbilical e o apêndice xifoide) poderia reduzir a sobrecarga do sistema musculoesquelético e a consequente atividade muscular. A força anti-gravitacional que atua no corpo dentro d'água leva a uma diminuição da estimulação aferente dos mecanorreceptores², o que proporciona uma menor atividade EMG no meio aquático^{15,16}, tanto para os exercícios isométricos² como para os isotônicos²⁵ e isso ocorre devido a redução da sobrecarga sobre o sistema musculoesquelético¹⁰. Entretanto, a atividade muscular foi registrada, sugerindo que este nível da água é capaz de gerar estímulo proprioceptivo representado pela ativação muscular do reto femoral. Exercícios dinâmicos realizados na mesma profundidade do presente estudo induziram a ativação de diversos músculos (glúteo médio, vasto medial, bíceps femoral cabeça longa, tibial anterior, gastrocnêmio, reto abdominal e paraespinhal), dentre estes o reto femoral, o que corrobora com o presente estudo, mas a EMG registrada foi menor que quando comparada com os exercícios realizados no meio terrestre²⁶.

O treinamento proprioceptivo unipodal realizado no meio terrestre comparando o balacim, a cama elástica, a prancha proprioceptiva demonstrou que o balacim gerou a maior atividade EMG para os músculos gastrocnêmios e tibial anterior²⁷. Esses resultados realizados no meio terrestre são semelhantes ao presente estudo, onde a EMG do reto

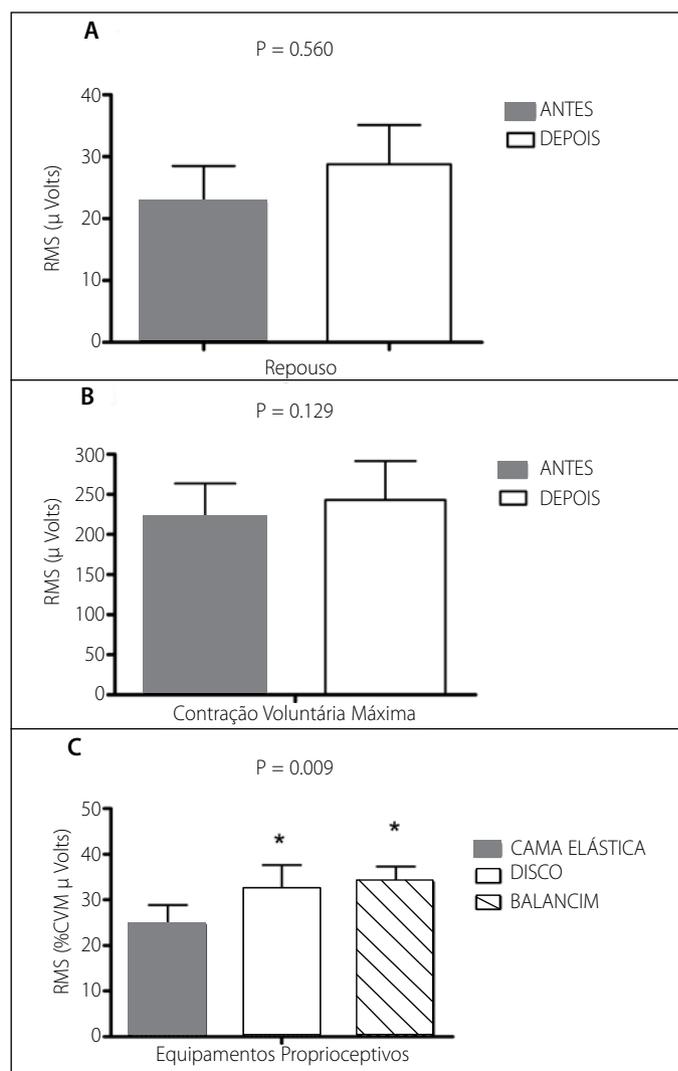


Figura 3. Atividade eletromiográfica do músculo reto femoral em repouso (A), nas avaliações da contração voluntária máxima (B) e dos equipamentos proprioceptivos (C). Dados apresentados em média e erro padrão. * $p < 0,05$ vs cama elástica.

femoral foi maior no balancim e, no presente estudo o disco apresenta uma ativação semelhante a este equipamento. Entretanto, não foram observadas diferenças na atividade EMG dos músculos reto femoral e do tibial anterior frente ao balancim e ao disco de Freeman²⁸. Cabe salientar que este tipo de disco é diferente do utilizado no presente estudo.

As diferenças da atividade EMG do reto femoral encontrada entre os equipamentos avaliados no presente estudo, possivelmente se devem aos diferentes deslocamentos do centro de massa e pelo método unipodal. O balancim estimula os deslocamentos do centro de massa no sentido horizontal (anteroposterior), com risco de queda tanto para frente quanto para trás²⁷, o que estimula a co-contracção, reforçando o reflexo de excitabilidade, aumentando a relação agonista-antagonista independente das mudanças na ativação muscular²⁹. No presente estudo, estes deslocamentos do centro de massa do balancim foram acrescidos de deslocamentos laterais pela retirada de argolas. O disco proprioceptivo apresenta todos os deslocamentos e isso explica em parte os resultados semelhantes entre os equipamentos. Por outro lado, a cama elástica apresenta um menor desequilíbrio na água e uma menor estimulação proprioceptiva do joelho, pois seus deslocamentos de massa são principalmente no sentido transversal (crânio-caudal), os quais estão atenuados pela presença da água.

Alberton *et al.*¹⁴, demonstraram que em contrações musculares isométricas e isotônicas apresentam reprodutibilidade do sinal EMG nos meios líquido e terrestre, as possíveis interferências, como o contato da água no eletrodo, a movimentação dos cabos e a fadiga muscular não diferem entre os meios. No presente estudo, o meio líquido não causou interferência na captura do sinal, pois não se observou diferenças entre as contrações voluntárias máximas (CVM) antes e depois dos estímulos proprioceptivos. Esse achado corrobora com estudos anteriores, que aplicaram o mesmo método de isolamento dos eletrodos^{20,21}.

Os exercícios proprioceptivos exigem da modalidade sensorial uma forma mais competente para obtenção de informações referentes à sensação da posição articular e do movimento, com base em elementos de outras fontes que não a visual, a auditiva ou a cutânea superficial³⁰.

REFERÊNCIA

1. Antes DL, Katzer JI, Corazza ST. Coordenação motora fina e propriocepção de idosos praticantes de hidroginástica. *RBCEH*. 2008;5(2):24-32.
2. Pöyhönen T, Keskinen KL, Hautala A, Savolainen J, Mälikä E. Human isometric force production and electromyogram activity of knee extensor muscles in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol*. 1999;80(1):52-6.
3. Sampaio TCF, Souza JMG. Reeducação proprioceptiva nas lesões do ligamento cruzado anterior do joelho. *Rev Bras Ortop*. 1994;29(5):303-9.
4. Hupperets MD, Verhagen EA, van Mechelen W. Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial. *BMJ*. 2009;339:b2684.
5. Teixeira AO, Franco OS, Cruz JM, Pereira APC, Moraes MB, Kafer ES, et al. Estado emocional e reatividade cardiovascular pré-competitiva de adolescentes praticantes de futsal. *ConScientia Saúde*. 2012;11(3):446-53.
6. Ribeiro CZP, Akashi PMH, Sacco ICN, Pedrinelli A. Relação entre alterações posturais e lesões do aparelho locomotor em atletas de futebol de salão. *Rev Bras Med Esporte*. 2003;9(2):91-7.
7. Schutte MJ, Dabiez EJ, Zimny ML. Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am*. 1987;69(2):243-7.
8. Miyamoto N, Wakahara T, Kawakami Y. Task-dependent inhomogeneous muscle activities within the bi-articular human rectus femoris muscle. *Plos one*. 2012;7(3):e34269.
9. Thein JM, Brody LT. Aquatic-based rehabilitation and training for the shoulder. *J Athl Train*. 2000;35(3):382-9.
10. Giaquinto S, Ciotola E, Dall'Armi V, Margutti F. Hydrotherapy after total knee arthroplasty. A follow-up study. *Arch Gerontol Geriatr*. 2010;50(1):92-5.
11. Thiel A, Aleksic B, Klein JC, Rudolf J, Heiss WD. Changes in proprioceptive systems activity during recovery from post-stroke hemiparesis. *J Rehabil Med*. 2007;39(7):520-5.
12. Pöyhönen T, Avela J. Effect of head-out water immersion on neuromuscular function of the plantar-flexor muscles. *Aviat Space Environ Med*. 2002;73(12):1215-8.
13. Ferreira LAB, Rossi LAB, Pereira WM, Vieira FF, Paula Junior AR. Electromyography activity analysis of the ankle muscles at the stable and unstable soil. *Fisioter Mov*. 2009;22(2):177-87.
14. Alberton CL, Silva EM, Tartaruga MP, Cadore EL, Becker ME, Brentano MA, et al. Análise da reprodutibilidade do sinal eletromiográfico durante ações isométricas e dinâmicas realizadas em diferentes meios. *Rev Bras Biomec*. 2007;8(15):82-8.
15. Kaneda K, Wakabayashi H, Sato D, Nomura T. Lower extremity muscle activity during different types and speeds of underwater movement. *J Physiol Anthropol*. 2007;26(2):197-200.

No presente estudo os voluntários foram avaliados de olhos abertos. Oliveira *et al.*²⁸, avaliaram a atividade EMG dos músculos reto femoral e tibial anterior no disco de Freeman e no balancim com os olhos abertos e fechados e a atividade EMG destes músculos mostrou-se maior com os olhos fechados. A ausência do estímulo visual pode ser utilizada para aumentar a dificuldade na realização dos exercícios proprioceptivos e ser empregada ao longo do programa de reabilitação.

O futsal sobrecarrega especialmente as articulações do joelho³, sendo frequentes as lesões ligamentares que afetam as vias intraligamentares e alteram o sistema proprioceptor⁷. Os exercícios proprioceptivos apresentam uma ação preventiva e reabilitadora das lesões musculoesqueléticas³⁰. Os resultados do presente estudo sugerem um grau diferente de estímulo proprioceptivo em meio aquático com os olhos abertos, sendo que cama elástica apresenta uma menor atividade EMG do reto femoral que o balancim e o disco. Entretanto, como existe uma diminuição da estimulação proprioceptiva no meio aquático, esse estímulo seria mais adequado para as fases iniciais de reabilitação. Dentre as limitações do estudo destacam-se as avaliações de apenas um nível da água e de um grupo muscular, bem como, a ausência das avaliações EMG realizadas no meio terrestre, frente aos estímulos proprioceptivos.

CONCLUSÃO

Imersão na água ao nível da cicatriz umbilical produz atividade muscular do reto femoral de jogadores de futsal profissional frente a diferentes equipamentos proprioceptivos. Os equipamentos proprioceptivos balancim e disco apresentaram uma maior atividade eletromiográfica desse músculo no meio líquido que a cama elástica. Os resultados sugerem que em meio aquático a cama elástica apresenta uma menor ativação do músculo reto femoral podendo esta ser aplicada nas fases iniciais da reabilitação.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

16. Chevutschi A, Alberty M, Lensel G, Pardessus V, Thevenon A. Comparison of maximal and spontaneous speeds during walking on dry land and water. *Gait Posture*. 2009;29(3):403-7.
17. Hermens HJ, Frenkers B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000;10(5):361-74.
18. Kaneda K, Sato D, Wakabayashi H, Nomura T. EMG activity of hip and trunk muscles during deep-water running. *J Electromyogr Kinesiol*. 2009;19(6):1064-70.
19. Narici MV, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol*. 1989;59(4):310-9.
20. Veneziano WH, Rocha AF, Gonçalves CA, Pena AG, Carmo JC, Nascimento FA, et al. Confounding factors in water EMG recordings: an approach to a definitive standard. *Med Biol Eng Comput*. 2006;44(4):348-51.
21. Silvers WM, Dolny DG. Comparison and reproducibility of sEMG during manual muscle testing on land and in water. *J Electromyogr Kinesiol*. 2011;21(1):95-101.
22. DeLuca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech*. 1997;13:135-63.
23. Candelero JM, Caromano FA. Effects of a hydrotherapy program on flexibility and Muscular strength in elderly women. *Rev Fisioter*. 2004;5(1):73-6.
24. Barbosa VC, Breitschaft MAS. Um aparato experimental para o estudo do princípio de Arquimedes. *Rev Bras Ens Fis*. 2006;28(1):115-22.
25. Barela AMF, Stolf SF, Duarte M. Biomechanical characteristics of adults walking in shallow water and on land. *J Electromyogr Kinesiol*. 2006;16(3):250-6.
26. Masumoto K, Takasugi S, Hotta N, Fujishima K, Iwamoto Y. Muscle activity and heart rate response during backward walking in water and on dry land. *Eur J Appl Physiol*. 2005;94(1-2):54-61.
27. Callegari B, de Resende MM, Ramos LAV, Botelho LP, de Albuquerque AS. Electromyographic activity during ankle proprioception exercises on one-foot stance. *Fisioter Pesq*. 2010;17(40):312-6.
28. Oliveira DCS, Santos PAM, Rezende L, Silva MR, Lizardo FB, Sousa GC, et al. Electromyographic analysis of lower limb muscles in proprioceptive exercises performed with eyes open and closed. *Rev Bras Med Esporte*. 2012;18(4):261-66.
29. Krauss EM, Misiaszek JE. Phase-specific modulation of the soleus H-reflex as a function of threat to stability during walking. *Exp Brain Res*. 2007;181(4):665-72.
30. Baldaço FO, Cadó VP, Souza J, Mota CB, Lemos JC. Análise do treinamento proprioceptivo no equilíbrio de atletas de futsal feminino. *Fisioter Mov*. 2010;23:183-92.