

ANÁLISE ELETROMIOGRÁFICA DE MÚSCULOS DO MEMBRO INFERIOR EM EXERCÍCIOS PROPRIOCEPTIVOS REALIZADOS COM OLHOS ABERTOS E FECHADOS

APARELHO LOCOMOTOR
NO EXERCÍCIO E NO ESPORTE



ARTIGO ORIGINAL

ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF LOWER LIMB MUSCLES IN PROPRIOCEPTIVE EXERCISES PERFORMED WITH EYES OPEN AND CLOSED

Daniela Cristina Silveira de Oliveira¹
Paulo Antônio Moreira dos Santos
Lemos de Rezende¹
Michel Rodrigues da Silva²
Frederico Balbino Lizardo³
Gilmar da Cunha Sousa³
Lázaro Antônio dos Santos⁴
Élcio Alves Guimarães⁵
Eduardo Paul Chacur⁶

1. Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Centro Universitário do Triângulo (UNITRI) – Uberlândia, MG, Brasil.
2. Centro Universitário do Triângulo (UNITRI) – Uberlândia, MG, Brasil.
3. Instituto de Ciências Biomédicas – ICBIM – Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia, MG, Brasil.
4. Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – Uberlândia, MG, Brasil.
5. Centro Universitário do Triângulo (UNITRI) – Uberlândia, MG, Brasil.
6. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) – Patos de Minas, MG, Brasil e Centro Universitário do Triângulo (UNITRI), Uberlândia, MG, Brasil.

Correspondência:

Rua dos Lírios Azuis, n. 87, Cidade Jardim, Uberlândia-MG, Brasil.
38412-136.
E-mail: danycsol84@hotmail.com

RESUMO

Introdução: A propriocepção é um termo utilizado para descrever todas as informações neurais originadas nos proprioceptores das articulações, músculos, tendões, cápsulas e ligamentos, que são enviadas por meio das vias aferentes ao sistema nervoso central. A eletromiografia (EMG) é o estudo da função muscular por meio da averiguação do sinal elétrico que emana do músculo, sendo também, o estudo da atividade da unidade motora. **Objetivo:** Realizar uma análise eletromiográfica dos músculos reto femoral (RF) e tibial anterior (TA), em diferentes exercícios proprioceptivos (disco de Freeman-DIS e balancim-BAL) com os olhos abertos (OA) e fechados (OF). **Métodos:** A análise foi realizada com 10 indivíduos do gênero masculino, fisicamente ativos, em um tempo de coleta de 10 segundos em cada aparelho tanto com olhos abertos como fechados. **Resultados:** De acordo com nossos achados, observamos uma diferença significativa quando os exercícios proprioceptivos são realizados com olhos abertos e olhos fechados, obtendo uma ativação muscular maior, de acordo com a análise eletromiográfica, nos exercícios com olhos fechados, ressaltando a importância do sistema visual e como ele interfere na posição do corpo quando este é submetido a variações de equilíbrio causadas pelos aparelhos pesquisados. **Conclusão:** Concluímos que o músculo reto femoral não apresentou diferenças significativas evidentes entre os aparelhos balancim e disco de Freeman, assim como quando o exercício era realizado com os olhos abertos ou fechados. A diferença significativa ocorrida foi entre o balancim OA e OF e entre balancim OA e disco de Freeman OF. Já o músculo tibial anterior, apresentou diferenças significativas maiores, principalmente com os olhos fechados, independente do aparelho, os quais não apresentaram diferenças significativas entre eles.

Palavras-chaves: propriocepção, eletromiografia, músculos da coxa e perna.

ABSTRACT

Introduction: Proprioception is a term used to describe all the neural information originated from the proprioceptors of the joints, muscles, tendons, ligaments and capsules, which is sent via afferent pathways to the central nervous system. EMG is the study of muscle function through the investigation of the electrical signal emanated from the muscle and it is also the study of the motor unit activity. **Objective:** To perform electromyographic analysis of the rectus femoris (RF) and tibialis anterior (TA) in different proprioceptive exercises (disc Freeman and rocker) with eyes open (OE) and closed (CE). **Methods:** The analysis was conducted with 10 physically active male subjects, in a collection time of 10 seconds on each device with eyes both open and closed. **Results:** Thus, according to our findings, significant difference is observed when the proprioceptive exercises are performed with eyes open and closed, obtaining higher muscle activation, according to the electromyographic analysis, in the exercises with eyes closed, highlighting the importance of the visual system and how it interferes in the body's position when it is subjected to balance changes caused by the studied devices. **Conclusion:** Therefore, it can be concluded that the rectus femoris muscle did not show evident significant differences between the rocker and Freeman disc, as well as when the exercise was performed with eyes open or closed. The significant difference occurred was between the OE and CE Rocker and between Rocker OE and disk Freeman CE. Since the tibialis anterior muscle showed greater differences, especially with eyes closed, regardless of the device, which showed no significant differences between them.

Keywords: proprioception, electromyography, thigh and leg muscles.

INTRODUÇÃO

A propriocepção é um termo utilizado para descrever todas as informações neurais originadas nos proprioceptores das articulações, músculos, tendões, cápsulas e ligamentos, que são enviadas por meio das vias aferentes ao sistema nervoso central, de modo consciente ou inconsciente, sobre as relações biomecânicas dos tecidos articulares, as quais podem influenciar no tônus muscular, no equilíbrio postural e na estabilidade articular¹.

Exercícios proprioceptivos são aqueles que promovem distúrbios no sistema de *feedback* sensorial, que através do treinamento de perturbação promovem respostas reflexas dinâmicas para gerar controle neuromuscular em uma determinada articulação. Assim, essas respostas dinâmicas, ou seja, contrações musculares, produzem mudanças metabólicas, mecânicas e mioelétricas no tecido muscular esquelético, podendo estas ser monitoradas pela eletromiografia de superfície que pode oferecer informações importantes sobre o comportamento dos músculos quando submetidos aos diversos tipos de sobrecarga, em diversas angulações e velocidades de execução².

O equilíbrio é definido em duas formas: a forma estática e a dinâmica. O equilíbrio estático e dinâmico é mantido pelos sistemas vestibular (labirinto, nervos cocleares, núcleos, vias e inter-relação no sistema nervoso central), visual e proprioceptivo, sendo os receptores sensoriais localizados em articulações, músculos e tendões. Distúrbios em um ou mais destes sistemas podem ocasionar alterações no equilíbrio. O sistema vestibular contribui para a manutenção do corpo em equilíbrio e para coordenação dos movimentos da cabeça e do corpo. Mas os sinais vestibulares sozinhos não são capazes de fornecer informações ao sistema nervoso central³.

O sistema vestibular participa de um processamento acurado de informações sensoriais sobre os movimentos posturais, cumprindo muitas funções potenciais no controle da postura, já o sistema visual auxilia na manutenção e orientação de uma postura ereta. A correção consciente e inconsciente da postura é possível através das entradas visuais. Apesar de o sistema visual ser importante como fonte de referência de verticalidade e para a manutenção da oscilação natural do corpo dentro dos limites da estabilidade, não é imprescindível para o controle postural, visto que é possível manter o equilíbrio com os olhos fechados³.

A eletromiografia (EMG) de acordo com a categoria da neurofisiologia, junto com a Eletroencefalografia, registra as funções do cérebro e potenciais evocados que originam de músculos (a partir do eletromiograma) ou de nervos (por meio do eletroneurograma). A atividade elétrica em músculos e nervos que os controlam é complexa, assim sendo, a EMG é um método de determinar as características elétricas de um músculo particular ou grupo muscular ou um nervo particular ou grupo de nervos⁴.

Os exames eletromiográficos têm sido consagrados por mais de 40 anos, e eles proporcionam um objetivo e preciso método de avaliação. Desde que o procedimento implique a inserção de eletrodos de agulha no interior do músculo, muitos pacientes acham o exame eletromiográfico desagradável. Frequentemente é tranquilizante para o paciente compreender que a eletromiografia cinesiológica apenas registra a atividade elétrica já presente no músculo em contração, ao contrário de uma possível introdução de energia elétrica em seu corpo⁴.

A EMG é o estudo da função muscular por meio da averiguação do sinal elétrico que emana do músculo, sendo também essencialmente o estudo da atividade da unidade motora^{4,5}. A eletromiografia de superfície que, isoladamente ou quando combinadas, pode oferecer

informações importantes sobre o comportamento dos músculos quando submetidos aos diversos tipos de sobrecarga, diversas angulações e velocidades de execução, bem como a avaliação do comportamento mioelétrico em diversas circunstâncias como temperatura corporal e do ambiente, treinamento neuromuscular, entre outras⁶.

Um dos aspectos mais desafiadores para o clínico é compreender o papel do controle neuromuscular proprioceptivo mediado após lesão e sua restauração através da reabilitação. A propriocepção contribui para a precisão da programação motora necessária para o controle neuromuscular dos movimentos e também para o reflexo muscular, proporcionando estabilidade dinâmica conjunta. O efeito do trauma ligamentar, resultando em instabilidade mecânica e déficits funcionais proprioceptivos contribuem para a instabilidade, o que poderia levar, em última instância, a um microtrauma e a uma nova lesão².

Déficits na propriocepção têm sido demonstrados após a ocorrência de lesões, em doenças articulares e com o avanço da idade. Impulsos provindos dos músculos, fâscias, tendões e receptores articulares podem ser afetados por uma lesão, o que pode resultar em um déficit proprioceptivo. Dessa forma, o treinamento proprioceptivo e de equilíbrio são recomendados para restaurar o controle motor dos membros inferiores. Na prática clínica, o termo "equilíbrio" é usado com frequência sem a definição clara, lembrando que a propriocepção e o equilíbrio não são sinônimos: a propriocepção é precursora do equilíbrio e da função adequada, e o equilíbrio é o processo pelo qual controlamos o centro de gravidade do corpo em relação à base de apoio, seja ela estacionária ou em movimento².

Para se utilizar uma variedade de atividades que melhorem o equilíbrio, o fisioterapeuta deve considerar cinco regras gerais antes de iniciar um trabalho: os exercícios devem ser seguros e desafiadores, devendo estressar os diversos planos de movimentos, devem incorporar uma abordagem multissensorial, iniciar em superfícies estáveis com apoio bilateral e progredir para superfícies instáveis com apoio unilateral, progredindo para exercícios funcionais no esporte. Vale ressaltar que nenhum atleta deveria retornar aos jogos sem que, antes, tenha passado por um período de treinamento proprioceptivo específico⁷.

O tema deste trabalho trata-se de algo bastante relevante tanto na prática clínica quanto no âmbito desportivo, e desta forma, acredita-se que este estudo poderá fornecer dados para o direcionamento de programas de prevenção e reabilitação para lesões articulares ou neuromusculares.

Além disso, especificamente no âmbito desportivo, ressaltar e conscientizar as equipes de competição, incluindo o técnico, preparadores físicos, fisioterapeutas e os próprios atletas, da importância de ter um bom preparo do aparelho locomotor tanto para evitar lesões e suas recidivas como para evitar transtornos de perda de atletas em competições importantes.

Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar uma análise eletromiográfica dos músculos reto femoral (RF) e tibial anterior (TA), em diferentes exercícios proprioceptivos (disco de Freeman e balancim) com os olhos abertos e fechados.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da pesquisa

A pesquisa sobre atividade eletromiográfica dos músculos reto femoral (RF) e tibial anterior (TA) em indivíduos fisicamente ativos durante diferentes exercícios de propriocepção é um estudo de caráter experimental e foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa em Eletromiografia Cinesiológica (LAPEC), Instituto de Ciências Biomé-

cas, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em colaboração com a Clínica Escola de Fisioterapia do Centro Universitário do Triângulo (UNITRI), Uberlândia, MG.

População e amostra

A amostra deste estudo foi composta por 10 voluntários (gênero masculino) fisicamente ativos (obtido através de um questionário) com idade entre 22 e 34 anos. Foram selecionados apenas indivíduos que possuíam um baixo índice de gordura corporal e sem histórico de patologia osteomuscular, neurodegenerativa ou infecciosa. Todos os participantes foram esclarecidos sobre o procedimento do experimento e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme as Normas de Realização de Pesquisa em Seres Humanos (resolução nº 196/96 do CNS). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) do Centro Universitário do Triângulo (UNITRI) nº 728200.

Eletromiógrafo e software

Os registros eletromiográficos foram obtidos utilizando-se um eletromiógrafo computadorizado projetado de acordo com normas internacionais (MyosystemBr1 P84 / DataHominis Tecnologia Ltda., Uberlândia, MG, Brasil), que possui oito canais para aquisição de sinais EMG provenientes de eletrodos diferenciais simples ou duplos e de pré-amplificadores diferenciais para eletrodos passivos, quatro canais auxiliares que possibilita a aquisição de sinais provenientes de dispositivos como células de carga, eletrogoniômetros, plataformas de força e um canal para eletrodo de referência, comum a todos os canais de eletromiografia.

O eletromiógrafo MyosystemBr1 P84 também possui uma taxa de amostragem de 4 khz, ajustes de ganho programável por software entre 25 a 800 vezes (o que permite ganhos totais entre 500 e 16000), isolamento galvânico entre os circuitos de entrada (em contato com o indivíduo) e os circuitos de potência (2,5 kv a infinitamente), impedância de entrada de 1015 Ohms, 16 bits de resolução, filtro passa alta de 15hz, filtro passa baixa programável por software (250hz, 500hz, 1000hz ou 2000hz) e bateria recarregável integrada para total portabilidade.

O sinal eletromiográfico analógico, captado através do eletromiógrafo, foi convertido para sinal digital através de uma placa conversora A/D (modelo PCI-DAS 1200, Myosystem, Prosecon Ltda, Uberlândia, MG, Brasil) que estava acoplada a um laptop/notebook alimentado apenas por bateria, desta forma, o uso de baterias pelos dois aparelhos (eletromiógrafo e laptop) garante a ausência quase total de interferências de 60Hz.

Os sinais eletromiográficos foram coletados e processados posteriormente usando um aplicativo de software Myosystem Br1 (versão 2.22) para coleta, visualização em tempo real, processamento e armazenamento de dados (DataHominis Tecnologia Ltda., Uberlândia, MG, Brasil).

Para captação dos sinais eletromiográficos foram utilizados eletrodos de superfície ativo diferenciais simples (DataHominis Tecnologia Ltda., Uberlândia, MG, Brasil), compostos por duas barras retangulares paralelas de prata pura (10 mm de comprimento x 1 mm de largura) e distanciadas 10 mm entre si. Estes eletrodos são acoplados a uma cápsula de resina acrílica (2 cm de largura x 0,6 cm de altura x 2,5 cm de comprimento) e ligados a um cabo de 1,65 m de comprimento.

O sinal foi pré-amplificado no eletrodo diferencial simples com ganho de 20 vezes, impedância de entrada de 10 GΩ e razão de rejeição em modo comum (CMRR - *Common Mode Rejection Ratio*) de 92dB a 60Hz.

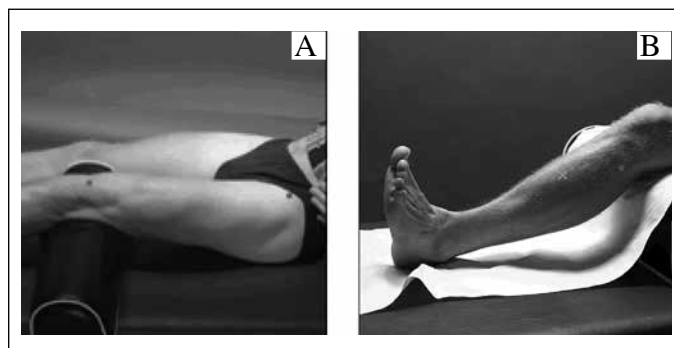


Figura 1. Exemplo da colocação de eletrodos para captação do sinal eletromiográfico dos músculos reto femoral (a) e tibial anterior (b) de acordo com SENIAM.

Em relação ao local de fixação dos eletrodos de superfície nos músculos reto femoral e tibial anterior, foram utilizados os parâmetros do SENIAM, ou seja, para o músculo reto femoral o eletrodo foi colocado no ponto médio (50%) da linha que se estende da espinha ilíaca antero-superior até a borda superior da patela, enquanto que para o tibial anterior, foi colocado em 1/3 sobre a linha entre a ponta da fíbula e da ponta do maléolo medial.

Como referência, foi utilizado outro eletrodo (Bio-logic Systems - SP Médica, Científica e Comercial Ltda., São Paulo, SP, Brasil), constituído por um disco de aço inoxidável (30mm de diâmetro x 1,5mm de espessura) anexado a um cabo de 1 m de comprimento colocado no processo estiloide da ulna no antímero direito.

Os sinais eletromiográficos obtidos durante os exercícios proprioceptivos foram submetidos a um filtro passa-alta de 20Hz e passa-baixa de 500Hz, a fim de eliminar possíveis interferências mecânicas, uma vez que frequências abaixo de 20Hz são estocásticas e acima de 500Hz as unidades motoras não se despolarizam⁸. A frequência de amostragem utilizada foi de 2000Hz por canal durante toda a coleta.

Materiais adicionais

- Aparelho para barbear (BIC Sensitive Shaver, Bic Amazônia S.A., Manaus, AM, Brasil) para tricotomia da pele da área de fixação dos eletrodos;
- Álcool 70% e algodão para limpeza da pele da área de fixação dos eletrodos;
- Fita hipoalergênica microporosa (Cremer, Cremer S.A. Têxtil, Blumenau, SC, Brasil) para fixação do eletrodo de referência e dos cabos dos eletrodos de superfície na região próxima aos músculos.

Normalização dos dados

Com o objetivo de estabelecer comparações adequadas da atividade eletromiográfica de um mesmo músculo e entre diferentes músculos durante a realização dos exercícios proprioceptivos, os valores brutos de RMS (raiz quadrada da média) foram normalizados. Os valores normalizados de RMS foram calculados a partir dos valores brutos de RMS (média dos valores de RMS obtidos em três repetições do mesmo movimento). Além disso, os valores de RMS deveriam ser normalizados para diminuir a variabilidade inerente dos procedimentos eletromiográficos inter e intraindivíduos durante os testes, para permitir a obtenção de dados eletromiográficos mais fidedignos⁹.

Nos exercícios proprioceptivos, os valores brutos de RMS foram normalizados em termos de porcentagem da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) para cada músculo. Após a normalização dos sinais eletromiográficos, os valores brutos de RMS, expressos em μV , foram substituídos por valores de RMSn (valores normalizados de RMS) expressos em porcentagem da CIVM (% CIVM).

Aparelhos

Os aparelhos utilizados foram o balancim (BA-figura 2) e o disco de Freeman (DIS-figura 3).



Figura 2. Balancim.



Figura 3. Disco de Freeman.

Protocolo experimental

No início de cada teste, os sinais eletromiográficos de cada músculo selecionado foram coletados durante três CIVM de cinco segundos, com o intuito de normalizar os dados posteriormente. Após os testes de CIVM, os sujeitos realizaram os exercícios proprioceptivos.

Os procedimentos de avaliação da atividade muscular foram realizados no membro inferior dominante, com o indivíduo descalço, e para maior ativação muscular foi padronizada uma angulação de 30° de flexão do joelho utilizando o goniômetro universal. A posição do joelho escolhida proporciona maior instabilidade articular, evitando a posição de extensão terminal e, conseqüentemente, a posição articular estável através do mecanismo de trava e parafuso (posição na qual os ligamentos estão mais relaxados, diminuindo assim a estabilidade do joelho). O tempo de coleta da atividade eletromiográfica foi de 10 segundos em cada solo, utilizando o tempo de repouso de um minuto entre as coletas, totalizando a média de 4 ± 1 minuto de coleta e a ordem de execução dos exercícios nos aparelhos proprioceptivos foi randomizada (figura 4).



Figura 4. Exemplo de um teste no balancim e no disco de Freeman, padronizado com angulação de joelho em 30°, com o auxílio do goniômetro.

Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o programa computadorizado GraphPad Prism (versão 3.0 – Graphpad Software, Inc) para cálculos de média, desvio padrão, correlações e confecção dos gráficos. Como os valores apresentaram distribuição normal (gaussiana), testes paramétricos foram empregados em todas as análises.

O teste *t* de Student para amostras pareadas foi utilizado para a comparação das médias dos valores de RMSn entre diferentes músculos em um mesmo exercício ou entre o mesmo músculo em diferentes exercícios com olhos abertos e fechados.

RESULTADOS

Comparando os valores médios de RMSn obtidos para o músculo RF entre os diferentes exercícios, foi observado que:

1. Houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os exercícios BAL-OA (7,8) e BAL-OF (13,2);
2. Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os exercícios BAL-OA (7,8) e DIS-OA (9,3);
3. Ocorreram diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os exercícios BAL-OA (7,8) e DIS-OF (15,8);
4. Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os exercícios BAL-OF (13,2) e DIS-OA (9,3), BAL-OF (13,2) e DIS-OF (15,8), DIS-OA (9,3) e DIS-OF (15,8) (figura 5).

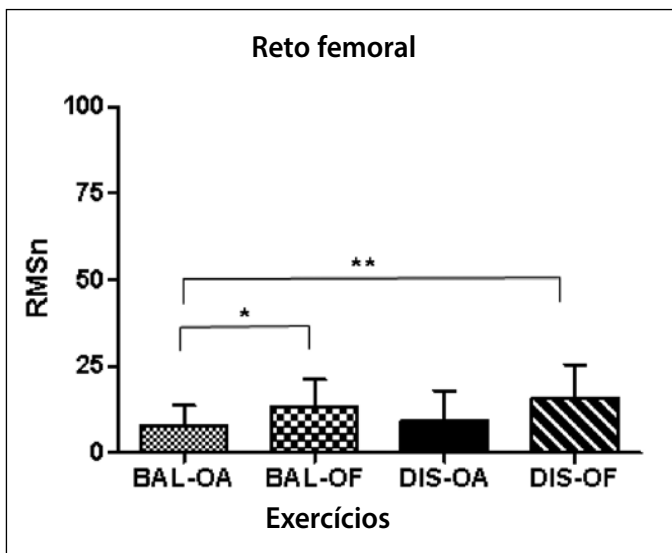


Figura 5. Comparação dos valores normalizados de RMS (RMSn, expressos em % CIVM) do músculo RF em 10 voluntários durante os exercícios BALANCIM com olhos abertos (BAL-OA) e fechados (BAL-OF) e DISCO FREEMAN com olhos abertos (DIS-OA) e fechados (DIS-OF). * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ como determinado pelo teste *t* de Student.

Comparando os valores médios de RMSn obtidos para o músculo TA entre os diferentes exercícios, foi observado que:

1. Houve diferenças significativas ($p < 0,001$) durante a execução do exercício BAL-OA (19,8) e BAL-OF (54,2);
2. Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) durante o exercício BAL-OA (19,8) e DIS-OA (20,8);
3. Ocorreram diferenças significativas ($p < 0,001$) durante a execução do exercício BAL-OA (19,8) e DIS-OF (51,0);
4. Houve diferenças significativas ($p < 0,001$) entre os exercícios BAL-OF (54,2) e DIS-OA (20,8);
5. Não ocorreram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os exercícios BAL-OF (54,2) e DIS-OF (51,0);
6. Houve diferenças significativas ($p < 0,001$) entre os exercícios DIS-OA (20,8) e DIS-OF (51,0) (figura 6).

DISCUSSÃO

A eletromiografia de superfície (EMG) permite o estudo em tempo real da função muscular através da análise do sinal elétrico gerado durante a contração muscular, sendo possível, a partir da coleta do sinal eletromiográfico, fazer interpretações em condições normais e patológicas do aparelho locomotor. Existe uma vasta literatura a respeito do sinal elétrico gerado pelo músculo durante uma contração. Sabe-se que na contração isométrica ocorre maior reprodutibilidade do

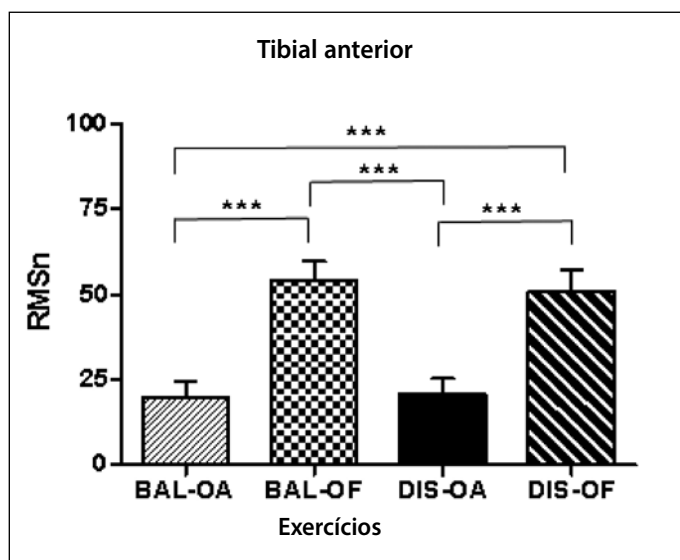


Figura 6. Comparação dos valores normalizados de RMS (RMSn, expressos em % CIVM) do músculo TA em 10 voluntários durante os exercícios BALANCIM com olhos abertos (BAL-OA) e fechados (BAL-OF) e DISCO FREEMAN com olhos abertos (DIS-OA) e fechados (DIS-OF). * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ como determinado pelo teste t de Student.

sinal mioelétrico em relação à contração isotônica¹⁰, situação utilizada no presente trabalho.

Os exercícios proprioceptivos demonstram uma grande ação profilática e de reabilitação em lesões musculoesqueléticas, pois exigem da modalidade sensorial uma forma mais competente para obtenção de informações referentes à sensação de movimento e posição articular, com base em elementos de outras fontes que não a visual, a auditiva ou a cutânea superficial¹¹.

Quando o sistema nervoso central dispõe da aferência do sistema visual, vestibular e proprioceptivo para realizar o controle do equilíbrio, existe uma prevalência dos sinais visuais sobre os outros dois, para informar sobre o equilíbrio. É por esse motivo que uma pessoa consegue manter razoavelmente bem o equilíbrio, mesmo com a destruição do aparelho vestibular e dos receptores proprioceptivos; já na condição olhos fechados, o equilíbrio corporal encontra-se sob orientação de apenas dois dos três sistemas aferentes, que fornecem feedback informando o sistema nervoso central acerca da posição e ajustes a serem realizados¹¹. Dessa forma, quando a visão está sendo suprimida, torna-se mais evidente a ação do sistema vestibular com o proprioceptivo ocorrendo maior desequilíbrio e dificuldade de se manter por muito tempo na mesma posição, situação observada durante a coleta de dados da presente pesquisa.

Em um estudo anterior, foram analisados os músculos tibial anterior, tibial posterior, fibular longo e gastrocnêmios medial e lateral, por serem considerados músculos de atividade-chave durante diversas situações de apoio monopodal, com olhos abertos e fechados, tanto em solo estável como em solos instáveis. Assim, as coletas foram distribuídas para os sujeitos da pesquisa de forma randomizada, para que não ocorresse a aprendizagem motora, incluindo os solos instáveis (cama elástica e balancim) e o solo estável, tanto com os olhos abertos quanto fechados³.

Os resultados mostraram, na análise das médias totais dos solos, uma maior ativação muscular com os olhos fechados em comparação com os olhos abertos. Dessa forma foi possível observar a importância do sistema visual na propriocepção corporal, enfatizando assim sua ação no controle postural e possíveis implicações no processo de reabilitação e, além disso, observou-se o efeito das informações

visuais e proprioceptivas sobre a ativação muscular da articulação do tornozelo na manutenção do equilíbrio estático em jovens saudáveis, principalmente no balancim, que também foi um dos recursos utilizados em nosso estudo, assim como a realização da atividade com olhos abertos e fechados.

De acordo com nossos achados, observamos uma diferença significativa quando os exercícios proprioceptivos são realizados com olhos abertos e olhos fechados, obtendo uma ativação muscular maior, de acordo com a análise eletromiográfica, nos exercícios com olhos fechados, ressaltando a importância do sistema visual e como ele interfere na posição do corpo quando este é submetido a variações de equilíbrio causadas pelos aparelhos pesquisados (balancim e disco de Freeman), observando-se maior atividade mioelétrica do tibial anterior corroborando com a maioria dos autores citados nessa discussão. Em concordância com os autores citados anteriormente, foram avaliados 20 indivíduos de ambos os gêneros e utilizou-se em seus estudos, um tempo de coleta da atividade eletromiográfica de 15 segundos em cada solo (aparelho); já em nosso trabalho, o público-alvo foi de 10 indivíduos, sendo somente do gênero masculino, com o intuito de ter uma amostra mais homogênea, e o tempo da coleta dos dados foi de 10 segundos, pois os voluntários não conseguiram permanecer tempo a mais em cada aparelho pela grande dificuldade de equilíbrio gerada, principalmente com os olhos fechados^{2,3}.

Outros autores realizaram um trabalho com oito mulheres para investigar a ativação eletromiográfica dos músculos tibial anterior e fibular longo durante a manutenção da postura sobre a prancha proprioceptiva em apoio monopodal e bipodal. Os resultados obtidos demonstraram que o músculo tibial anterior apresentou maior ativação nos exercícios com pranchas de equilíbrio em apoio bipodal, nas direções antero-posterior e médio-lateral e em apoio monopodal na direção antero-posterior. Enquanto que o músculo fibular longo mostrou maior ativação apenas nos exercícios em apoio monopodal na direção médio-lateral. Em outro estudo, houve maior ativação dos músculos tibial anterior e fibular longo em comparação com os outros músculos (gastrocnêmio medial e lateral e tibial posterior), isso mostra que ambos os músculos são importantes estabilizadores dinâmicos na articulação do tornozelo, o músculo tibial anterior atuando como um inversor e dorsiflexor e o músculo fibular longo atuando como um eversor e flexor plantar. A função de inversão e eversão deve ser ressaltada, pois a maioria dos solos instáveis apresentava grande instabilidade latero-medial, talvez isso explique porque esses dois músculos foram mais ativos durante todos os exercícios de perturbação^{2,12}.

Em outro estudo eletromiográfico, foram avaliados os músculos tibial anterior e gastrocnêmio medial de cinco indivíduos durante a utilização de dois modelos de tábuas de equilíbrio em diferentes apoios. Os resultados obtidos evidenciaram maior atividade mioelétrica no músculo gastrocnêmio medial, comparativamente com o músculo tibial anterior durante os testes com os pés mais próximos e com os pés mais afastados, em ambas as tábuas proprioceptivas¹³. Diferentemente dos achados do estudo supracitado, o músculo tibial anterior apresentou maior atividade eletromiográfica em todos os solos, tanto estável como instável, sendo o músculo mais solicitado.

Dessa forma, em uma análise geral, observamos que o músculo reto femoral não é tão importante na função de equilíbrio quanto os músculos do tornozelo, sendo assim, sua função mais específica para a estabilização da articulação do joelho assim como da patela, de uma forma dinâmica.

Este músculo tem sido objeto de estudos por meio da eletromiografia em diversas investigações, com o objetivo de verificar sua participação em movimentos das articulações do quadril e do joelho,

tanto na área desportiva como na clínica¹⁴; porém, existem lacunas na literatura sobre a atividade elétrica dos músculos da coxa em exercícios proprioceptivos.

Assim, torna-se importante, estudos que analisem a atividade eletromiográfica de músculos da coxa durante exercícios proprioceptivos, tornando-se uma ferramenta útil para a realização de protocolos de reabilitação das lesões ligamentares, capsulares, articulares e musculares, para assim estabelecer o equilíbrio dinâmico da articulação do joelho.

Deve-se ressaltar que no presente trabalho não foi utilizado um período de treinamento proprioceptivo, fator que pode alterar o padrão de recrutamento muscular; sendo assim, sugere-se que futuros estudos realizem uma comparação eletromiográfica antes e após um período de treinamento.

Portanto, os resultados da literatura e os achados deste estudo indicam que os exercícios realizados no balancim e disco de Freeman, aumentam de forma significativa a atividade eletromiográfica, podendo ser utilizados na prevenção e reabilitação de lesões, principalmente do tornozelo e, além disso, foi possível observar a importância do sistema visual na ação proprioceptiva do corpo, demonstrando que a ausência do mesmo pode ser uma forma de evolução de exercícios e atividades proprioceptivas de acordo com a capacidade do paciente de desenvolver a tarefa com um equilíbrio desejado para uma atividade específica ou não.

Pode-se concluir, de acordo com a metodologia empregada neste estudo, que o músculo reto femoral apresentou uma atividade eletromiográfica similar nos diferentes exercícios, ocorrendo diferenças signifi-

cativas somente entre os exercícios BAL-OA x BAL-OF e BAL-OA x DIS-OF, nos quais foi observada maior atividade elétrica nos exercícios com olhos fechados; em relação ao músculo tibial anterior, foram verificadas diferenças significativas maiores, principalmente quando se comparam os exercícios com olhos abertos e fechados; entretanto, quando se comparam os aparelhos na mesma situação (BAL-OA x DIS-OA e BAL-OF x DIS-OF) não se observam diferenças significativas, demonstrando que os aparelhos proporcionaram uma atividade elétrica similar no referido músculo. Dessa forma, fica evidente a grande participação do músculo tibial anterior em exercícios e atividades proprioceptivas de acordo com os resultados da análise eletromiográfica, mostrando que esse músculo possui um importante papel na possibilidade de melhorar o equilíbrio sendo ativado enquanto estabilizador dinâmico, aumentando as possibilidades de evitar o aparecimento de lesões ligamentares, musculares e articulares, assim como suas recidivas. Também ficou demonstrado no estudo que o músculo reto femoral possui uma função maior em nível de joelho, sendo pouco ativado eletromiograficamente, mesmo sem os estímulos visuais, nos exercícios e atividades proprioceptivas, sendo mais significativa a sua função de estabilização da patela, juntamente com os vastos, além de ser um músculo mais dinâmico e importante para atividades como o chute, por exemplo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colaboradores na coleta de dados, a instituição na qual pudemos realizar a pesquisa, bem como os professores que permitiram que a mesma pudesse ser desenvolvida.

REFERÊNCIAS

1. Antes DL, Katzer JI, Corazza ST. Coordenação motora fina e propriocepção de idosas praticantes de hidroginástica. RBCEH 2008;5:24-32.
2. Ferreira LAB, Rossi LAB, Pereira WM, Vieira FF, Paula Jr AR. Análise da atividade eletromiográfica dos músculos do tornozelo em solo estável e instável. Fisioter Mov 2009;22:177-87.
3. Ferreira LAB, Pereira WM, Oliveira DC, Figueiredo RR, Albuquerque CE, Vieira LS, et al. Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 21, 2008, São José dos Campos. Comparação eletromiográfica dos estabilizadores dinâmicos do tornozelo com os olhos abertos e fechados, p. 1715-8.
4. Portney L. Eletromiografia e testes de velocidade de condução nervosa. In: Sullivan O, Susan B, Shmitz-Thoma J. Reabilitação física: avaliação e tratamento. 2. ed. São Paulo: Manole, 1993, p.183-223.
5. Basmajian JV, De Luca CJ. Muscles alive: their functions revealed by electromyography. 5. ed. Baltimore, MD: Williams and Wilkins, 1985.
6. Ferreira LAB, Pereira WM, Vieira FF, Rossi LP. XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2007, Guarapuava. Ativação eletromiográfica dos músculos da perna em exercícios proprioceptivos na reabilitação de tornozelo: uma revisão bibliográfica, p. 1119-22.
7. Beirão ME, Marques TAR. Estudo dos fatores desencadeantes da entorse do tornozelo em jogadores de futebol e elaboração de um programa de fisioterapia preventiva. Revista de pesquisa e extensão em saúde 2007;3:1-7.
8. Konrad P. The ABC of EMG: a practical introduction to kinesiological electromyography. Noraxon Inc. USA, p. 27, 2005. [acesso 2008 nov 26]. Disponível em: www.noraxon.com.
9. Silva DCO. Avaliação eletromiográfica dos músculos peitoral maior, bíceps braquial, pronador redondo e flexor ulnar do carpo envolvidos no esporte luta de braço. 2004. 129 f. Dissertação (Mestrado em Anatomia Funcional) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
10. Amorim L. Estudo eletromiográfico de força de preensão em indivíduos saudáveis. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação Engenharia Biomédica. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba. 2003; 60 p.
11. 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.
12. Cunha PL, Bonfim TR. Ativação eletromiográfica de exercícios sobre a prancha de equilíbrio. Revista Fisioterapia Brasil 2007;8:192-7.
13. Oliveira FB, Paula RH, Oliveira CG, Dantas EHM. Avaliação de dois modelos de tábuas proprioceptivas com dois tipos de apoios por meio da eletromiografia de superfície. Revista Fisioterapia Brasil 2006;7:187-90.
14. Moraes AC, Bankoff ADP, Okano AH, Simões EC, Rodrigues CEB. Análise eletromiográfica do músculo reto femoral durante a execução de movimentos do joelho na mesa extensora. R Bras Ci e Mov 2003;11:19-23.