



ANÁLISE DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DOS MÚSCULOS DO TORNOZELO EM SOLO ESTÁVEL E INSTÁVEL

*Electromyography activity analysis of the ankle
muscles at the stable and unstable soil*

Luiz Alfredo Braun Ferreira^a, Luciano Pavan Rossi^b, Wagner Menna Pereira^c,
Fabricio Furtado Vieira^d, Alderico Rodrigues de Paula Jr.^e

^a Mestrando em Bioengenharia pela Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), Ponta Grossa, PR - Brasil, e-mail: luiz_braun@hotmail.com

^b Mestre em Bioengenharia pela Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), Faculdade Guairacá, Guarapuava, PR - Brasil, e-mail: lucianofisioo@yahoo.com.br

^c Mestrando em Bioengenharia pela Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), Cascavel, PR - Brasil, e-mail: wadnei@hotmail.com

^d Pós-Graduação em Terapia Manual e Postural pelo Centro Universitário de Maringá (Cesumar), Ponta Grossa, PR - Brasil, e-mail: fabriciofurvi@yahoo.com.br

^e Professor da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), São José dos Campos, SP - Brasil, e-mail: alderico@univap.br

Resumo

INTRODUÇÃO: Os exercícios proprioceptivos são realizados diariamente na reabilitação com a utilização de diversos solos instáveis e com o objetivo de melhorar a estabilidade articular através das propriedades mecânicas e sensoriais dos ligamentos, da cápsula articular e da atividade fusal dos músculos ao redor da articulação. As mudanças na característica mioelétrica dos músculos em atividade podem ser identificadas através da eletromiografia de superfície (EMG), podendo oferecer informações importantes sobre o comportamento dos músculos quando submetidos aos diversos tipos de sobrecarga. **OBJETIVOS:** O presente estudo tem por objetivo analisar e comparar a atividade eletromiográfica dos músculos tibial anterior, tibial posterior, fibular longo e gastrocnêmios medial e lateral em três solos instáveis e no solo estável. **METODOLOGIA:** Foram selecionados 20 indivíduos, de ambos os sexos, ativos e saudáveis para o estudo, e todos foram submetidos a uma avaliação antropométrica e à aplicação de um protocolo de coleta que envolvia o aquecimento e a avaliação da atividade muscular em diferentes solos. **RESULTADOS:** Houve um aumento significativo ($p < 0,05$) na atividade muscular na maioria dos solos instáveis, entretanto, a cama elástica não apresentou diferenças significativas ($p > 0,05$) na atividade eletromiográfica, mantendo seus valores próximos ao solo estável. Foi observado que os músculos tibial anterior e fibular longo apresentaram maior ativação eletromiográfica em todos os solos analisados. Em relação aos diferentes solos, houve uma maior ativação eletromiográfica no disco proprioceptivo.

CONCLUSÃO: Pode-se concluir que exercícios de perturbação em solos instáveis geram aumentos significativos da atividade eletromiográfica quando comparado ao solo estável, sendo esses exercícios um recurso valioso na reabilitação sensorio-motora da articulação do tornozelo.

Palavras-chave: Propriocepção. Eletromiografia. Tornozelo.

Abstract

INTRODUCTION: *The proprioceptive exercises are daily accomplished in rehabilitation and several unstable soils are used for that with the objective of improving the joint stability through the mechanical and sensorial properties of the ligaments, from the joint capsule and of the fusul activity of the muscles around the joint. The changes in the myoelectrical characteristic of the muscles in activity can be identified through the electromyography of surface (EMG), offering important information about the behavior of the muscles when they are submitted to several types of overload.* **OBJECTIVES:** *The aim of present study is to analyze the electromyographic activity of the Tibialis anterior, Tibialis posterior, Peroneus longus and gastrocnemius muscles on stable and unstable soil.* **METHODS:** *Twenty active and healthy individuals of both genders were selected for the study, which consisted on an anthropometric evaluation and the application of a protocol that involved warm up and evaluation of the muscular activity in different soils.* **RESULTS:** *There was a significant increase ($p < 0.05$) in the muscle activity on most part of the soils, however, the elastic bed did not present significative differences in the electromyographic activity, maintaining its values near to the stable soil. Also, it was observed that the Tibialis anterior and Peroneus longus presented higher electromyographic activity on all soils analyzed. In relation to the different soils, there was higher electromyography activation in the proprioceptive disk.* **CONCLUSION:** *It can be concluded that perturbation exercises generate significative increase in the electromyographic activity when compared to the stable soil and these exercises can be a valuable resource for the sensory motor rehabilitation of the ankle joint.*

Keywords: *Proprioception. Electromyography. Ankle.*

INTRODUÇÃO

Entorses do tornozelo são lesões desportivas comuns que muitas vezes podem levar à dor crônica, edema e instabilidade funcional. Embora um debate considerável ainda continue em relação a fatores que causam e perpetuam a instabilidade funcional, é geralmente aceito que exercícios proprioceptivos representam uma parte importante do processo de reabilitação. Apesar deste consenso, pouco se sabe com certeza sobre os mecanismos através dos quais o treinamento proprioceptivo transmite seus efeitos benéficos (1).

Diversos estudos têm examinado fatores extrínsecos e intrínsecos de risco para entorse de tornozelo (2). 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 contribui para o reflexo muscular, proporcionando estabilidade dinâmica conjunta. O efeito do trauma ligamentar, resultando em instabilidade mecânica e déficits funcionais proprioceptivos contribui para a instabilidade, o que poderia levar, em última instância, a um microtrauma e uma nova lesão (3).

A propriocepção descreve a consciência da postura, do movimento, das mudanças no equilíbrio, assim como conhecimento da posição, do peso e da resistência dos objetos em relação ao corpo, sendo uma variação especializada da modalidade sensorial do tato (1). Definindo-a especificamente, é a aferência neural cumulativa para o sistema nervoso central provindo de mecanorreceptores, dessa forma, engloba as sensações de movimento articular, a cinestesia e a posição articular (4-6). Os

mecanoceptores são órgãos especializados que funcionam como transdutores biológicos capazes de converter energia mecânica da deformação física em potenciais de ação nervosos que geram informações proprioceptivas (4). Sherrington descreveu pela primeira vez o termo propriocepção no início do século passado, quando percebeu a presença de receptores nas estruturas articulares e musculares cuja natureza era principalmente reflexiva (6). Particularmente dois receptores desempenham uma importante função na estabilização articular: o fuso muscular que está situado no interior das fibras musculares, o qual é ativado quando o músculo é alongado, e o Órgão tendinoso de Golgi que se situa na junção entre o músculo e o tendão e é ativado quando o músculo se contrai (6).

O fuso muscular é considerado o terceiro órgão sensorial mais complexo, depois do olho e do ouvido, sendo organizado em paralelo com as fibras musculares e innervado tanto por fibras aferentes quanto eferentes (5). Identifica o comprimento do músculo e, ainda mais importante, o ritmo de mudança do comprimento muscular, funcionando como um receptor ao estiramento, enviando impulsos aferentes que informam outros neurônios da medula espinhal e cérebro sobre o comprimento do fuso e a velocidade com que o estiramento muscular está ocorrendo (5, 7). A estimulação dos receptores de Golgi é responsável por sua ação como estabilizadores mecânicos quando iniciam uma contração muscular reflexa em situações de estresse anormal (5-7).

Dessa forma, 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 (4). Assim, essas respostas dinâmicas, ou seja, contrações musculares, produzem mudanças metabólicas, mecânicas e mioelétricas no tecido muscular esquelético, podendo estas serem monitoradas pela eletromiografia de superfície (8-11) que pode oferecer informações importantes sobre o comportamento dos músculos quando submetidos aos diversos tipos de sobrecarga, em diversas angulações e velocidades de execução (12).

O treinamento funcional em plataformas instáveis é um importante parâmetro para a reabilitação e condicionamento neuromuscular, conseqüentemente, proporciona a melhora da coordenação e do padrão de recrutamento neuromuscular (13). Durante a realização do treinamento, a instabilidade dos movimentos proporciona situações de risco às articulações, assim, a ativação dos impulsos proprioceptivos que são integrados em vários centros sensorio-motores regula automaticamente os ajustes na contração dos músculos posturais, mantendo o equilíbrio postural geral (14).

Sheth et al. (15) demonstraram alterações no padrão de contrações dos músculos de inversão e eversão do tornozelo antes e depois dos exercícios com disco em adultos saudáveis. Eles concluíram que as mudanças seriam apoiadas pelo conceito de reciprocidade de inibição através de mecanorreceptores nos músculos.

Diversos exercícios proprioceptivos, inclusive o treinamento funcional em plataformas instáveis, são realizados na reabilitação e no condicionamento neuromuscular, proporcionando, conseqüentemente, a melhora da reatividade muscular e do padrão de recrutamento neuromuscular (13). Esse tipo de treinamento auxilia na maior ativação do sistema proprioceptivo em atividades estáticas e, principalmente, dinâmicas. Esses exercícios instáveis são usados para auxiliar na reabilitação articular e muscular, sendo relacionados com a estabilização e reabilitação do tornozelo e joelho (16-18). Entretanto, estudos recentes concluem que o treinamento regular previne possíveis danos articulares e são eficientes na melhora da força muscular, velocidade de reação e equilíbrio (19). Acredita-se que exercícios que provocam maiores distúrbios no equilíbrio causam maior atividade muscular, mas existe a necessidade de se determinar e selecionar qual o músculo possui maior importância na manutenção do equilíbrio do tornozelo e desenvolver uma sequência de exercícios proprioceptivos progressivos para evolução da reabilitação nas patologias do tornozelo.

Estudos têm sido realizados utilizando testes em pranchas de equilíbrio para determinar uma medida quantitativa do equilíbrio postural, onde pacientes com instabilidade funcional com déficits significativos em equilíbrio foram selecionados e foram comparados com grupos controles (1). Treinamentos com discos para tornozelo foram utilizados para uma melhora significativa do balanço corporal, reduzindo sintomas de dor do tornozelo, e diminuição das taxas de novas lesões nestes pacientes. (1, 2, 15, 20).

Apesar dos enormes custos associados com a saúde, comentários críticos identificaram apenas um número limitado de estudos que têm a metodologia adequada para analisar a eficácia das medidas de prevenção entorse de tornozelo em geral e poucos estudos examinam a eficácia do treinamento proprioceptivo em particular (20). Novas investigações destinadas a analisar os possíveis mecanismos fisiológicos através dos quais os exercícios proprioceptivos facilitam a recuperação e protegem clinicamente contra uma nova lesão podem fornecer informações valiosas que afeta positivamente o cuidado do paciente (1).

Dentro deste contexto, o presente estudo tem o objetivo de analisar a atividade eletromiográfica dos músculos tibial anterior, tibial posterior, fibular longo e gastrocnêmios medial e lateral em diferentes solos instáveis e compará-lo ao solo estável, para identificação dos exercícios que provocam maiores perturbações nos estabilizadores dinâmicos de tornozelo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participaram voluntariamente do estudo 20 indivíduos, de ambos os sexos (10 mulheres e 10 homens), adultos jovens saudáveis e ativos com a média \pm DP de idade 21 ± 1 anos, estatura de 170 ± 6 cm e Índice de Massa Corporal (IMC) de 22 ± 3 (Kg/m²), e que não apresentavam patologia osteomioarticular, neuro-degenerativa ou infecciosa ou qualquer deformidade angular do membro inferior como varo ou valgo. Cabe ressaltar que não houve nenhuma interferência nos resultados do estudo pela amostra ser constituída de homens e mulheres, visto que um dos fatores de exclusão foram mulheres no período menstrual, sendo posteriormente observado que a tendência dos resultados do estudo foi a mesma entre ambos os sexos.

Todos os participantes foram inicialmente esclarecidos sobre os procedimentos do experimento e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme as Normas de Realização de Pesquisas com Seres Humanos (resolução nº 196/96 do CNS). A presente pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Estadual do Centro-Oeste (nº 023/2007).

Os músculos analisados foram o tibial anterior, tibial posterior, fibular longo e gastrocnêmios medial e lateral, por serem considerados músculos de atividade-chave durante diversas situações de apoio monopodal, tanto em solo estável como em solo instável (Tabela 1).

TABELA 1 – Características dos sujeitos. Média \pm desvio-padrão das características antropométricas

	Idade (anos)	Estatura (cm)	MCT (kg)	IMC
Média	21	170	64	22
Desvio-Padrão	1	6	11	3

Foram utilizados como dispositivos proprioceptivos simulando o solo instável para a realização da coleta o disco proprioceptivo, o balancim e a cama elástica. Para a coleta do solo estável, foi utilizada uma plataforma de madeira para reduzir o ruído eletromiográfico. A escolha dos aparelhos proprioceptivos foi randomizada para que não ocorresse a aprendizagem motora, caso fosse realizada sempre a mesma sequência de exercícios proprioceptivos.

Os sinais biológicos foram obtidos utilizando um eletromiógrafo de 8 canais (EMG *System* Brasil LTDA), sendo o sinal passado por um filtro passa banda de 20-500Hz, amplificado em 1.000 vezes e com uma relação de rejeição do modo comum > 120 dB. Todos os dados foram processados usando um software específico para aquisição e análise do sinal (WinDaq[®]XL - Dataq Instruments Hardware Manager), convertido por placa A/D de 12 bits com frequência de amostragem de 2 KHz para cada canal e com uma variação de entrada de 5 mV. Foram utilizados eletrodos bipolares do tipo ativo com distância de 20 mm entre eles. Foi utilizado um filtro Butterworth de ordem 4, sendo os dados

posteriormente analisados através do programa de processamento de sinais, Matlab 7.0 (MatWorks). A atividade elétrica foi mensurada usando os valores da root mean square (RMS).

Foram utilizados eletrodos bipolares do tipo ativo, acoplado a um pré-amplificador diferencial bipolar de ganho de 20 vezes, com distância inter-eletrodo de 20 mm centro a centro (21) ligados à pele através de eletrodos adesivos Meditrace®. Para a colocação dos eletrodos, foi realizada a tricotomia e a limpeza da área para redução da bioimpedância. Com o objetivo de atingir a zona de inervação e reduzir o risco de *cross-talk*, foi utilizado o método de colocação do eletrodo através da referência anatômica como recomendado pela Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (22), também descrita por Delagi e Perotto (23), sendo os eletrodos fixados com esparadrapo para não ocorrer artefatos de deslizamento durante a coleta.

Para que não houvesse ruído eletromiográfico durante a coleta, foram retirados da corrente elétrica os cabos do computador e do eletromiógrafo, e o eletrodo referencial foi colocado no punho contralateral da perna dominante avaliada.

Todos os procedimentos de captação e análise do sinal eletromiográfico foram recomendados pela Sociedade Internacional de Eletrofisiologia e Cinesiologia (ISEK) (21).

Cada indivíduo realizou um aquecimento de 5 minutos na esteira, seguindo a recomendação da American College of Sports Medicine - ACSM que preconiza o aquecimento antes de qualquer atividade ou exercício (24). Após o aquecimento, os eletrodos foram colocados nos músculos avaliados, conforme Figura 1.



FIGURA 1 – Colocação dos eletrodos nos músculos da perna

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 eletrogoniômetro (EMG System Brasil LTDA) acoplado ao sistema de captação. A posição do joelho escolhida proporciona maior instabilidade articular (6), evitando a posição de extensão terminal e consequentemente a posição articular estável através do mecanismo de trava e parafuso (5). O tempo de coleta da atividade eletromiográfica foi de 15 segundos em cada solo, utilizando o tempo de repouso de 1 minuto entre as coletas, totalizando a média de 4 ± 1 minutos de coleta (Figura 2).

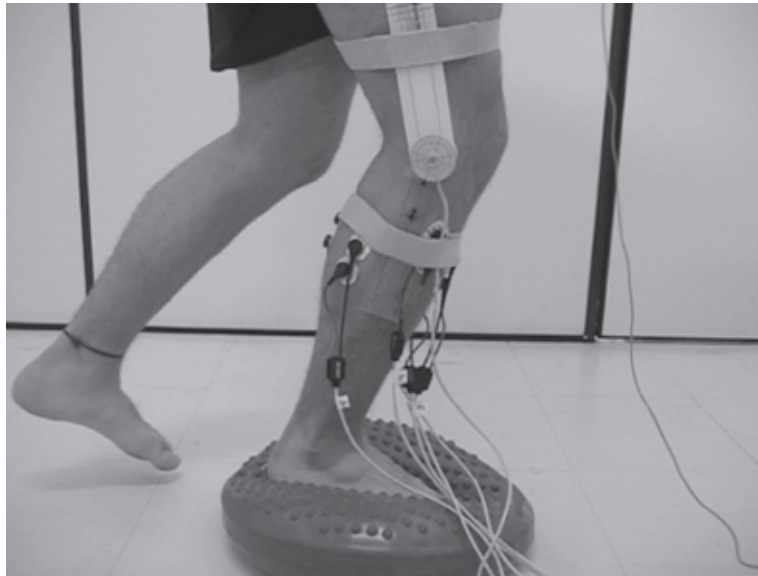


FIGURA 2 – Exemplo do teste em um dos exercícios proprioceptivos utilizados para aquisição do sinal eletromiográfico

Análise estatística

Foi utilizado o programa estatístico SPSS (13.0 for Windows), sendo utilizado o teste Shapiro-Wilk para testar a normalidade da amostra e posteriormente utilizada a estatística paramétrica através da ANOVA com nível de significância de $p < 0.05$ para comparação das médias.

Os dados não foram normalizados porque não houve comparação entre os indivíduos, e sim uma comparação entre os diferentes solos para o mesmo indivíduo.

Apresentação dos resultados

Os resultados são apresentados em média e erro-padrão para a estatística inferencial em relação aos valores da média da amplitude do sinal eletromiográfico (RMS) dos músculos tibial anterior, tibial posterior, fibular longo e gastrocnêmios medial e lateral nos diferentes exercícios de perturbação. O solo estável foi utilizado como referência para a normalização dos dados e comparação da atividade nos solos instáveis. Para isso, os dados foram analisados através de programa de processamento Matlab 7.0 (MatWorks), e software Origin 7.0 (Massachusetts, USA).

RESULTADOS

Os resultados mostram um aumento significativo ($p < 0,05$) na atividade muscular na maioria dos solos instáveis comparado ao solo estável. Podemos observar neste gráfico que os músculos tibial anterior e fibular longo apresentaram maior ativação quando comparados aos outros músculos, independentemente do tipo de solo, seguida dos músculos gastrocnêmio medial, tibial posterior e gastrocnêmio lateral.

Ainda observamos em nosso estudo a atividade muscular nos diversos dispositivos proprioceptivos e no solo estável. Os achados mostram maior ativação muscular no disco proprioceptivo seguido do balancim, o qual apresentou atividade intermediária em todos os músculos analisados. Atenção maior deve ser dada quando analisado os dados obtidos utilizando a cama elástica, a qual, com exceção do músculo tibial anterior, os outros músculos apresentaram atividade similar ao solo estável, dessa forma, a cama elástica foi o solo instável que apresentou menor atividade eletromiográfica em todos os músculos analisados (Gráfico 1).

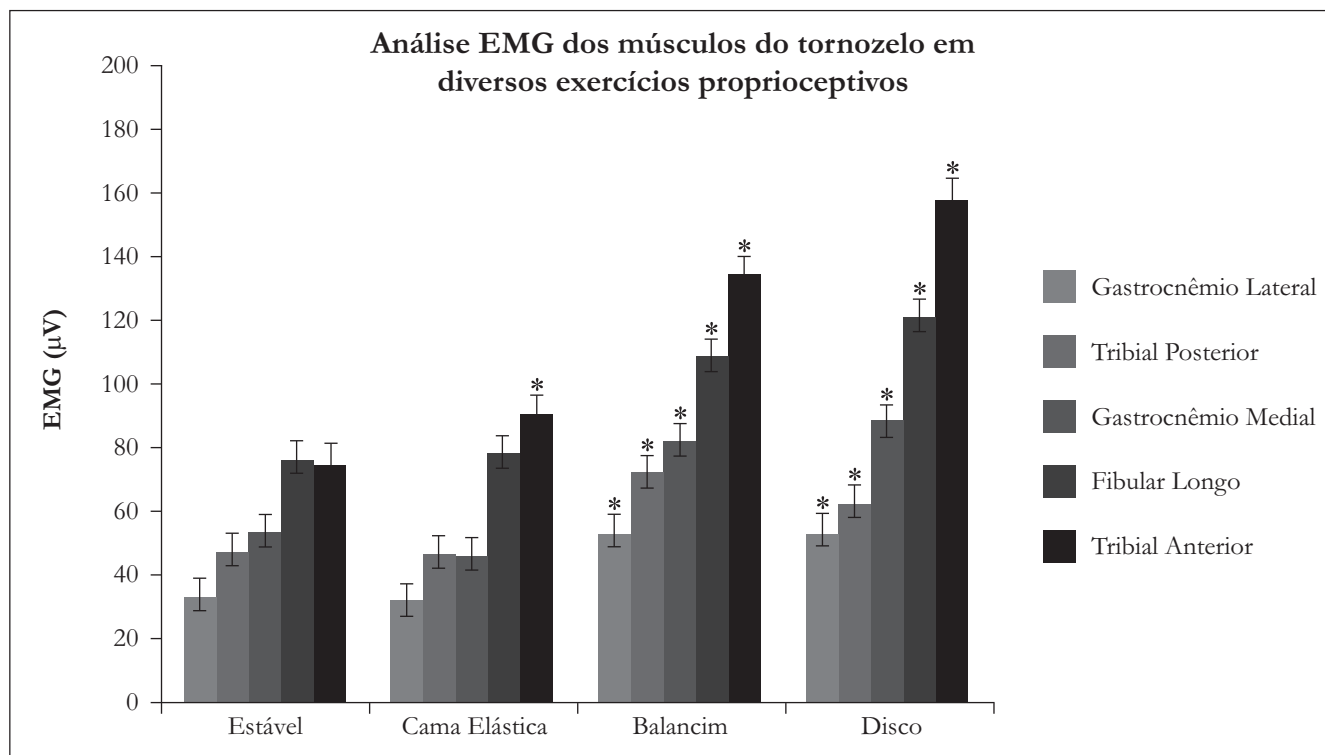


GRÁFICO 1 – Variação da atividade eletromiográfica (RMS) nos diferentes solos analisados (Média ± Erro Padrão). *Diferença significativa na atividade eletromiográfica em comparação com o solo estável ($p < 0,05$)

DISCUSSÃO

Não foram encontrados na literatura estudos com as mesmas características e variáveis analisadas neste trabalho. No entanto, há estudos que avaliaram o tempo de reação muscular (1, 17, 25-27), a ativação muscular em diferentes solos (18, 19, 28, 29) e estudos que avaliaram a ativação muscular após o treinamento proprioceptivo em tornozelos instáveis (1, 8, 16, 26).

Cunha e Bonfim (28) 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 ântero-posterior e médio-lateral e em apoio monopodal na direção ântero-posterior. Enquanto que o músculo fibular longo mostrou maior ativação apenas nos exercícios em apoio monopodal na direção médio-lateral. No presente estudo, houve maior ativação dos músculos tibial anterior e fibular longo em comparação aos outros músculos, 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 látero-medial, talvez isso explique porque esses dois músculos foram mais ativos durante todos os exercícios de perturbação.

Oliveira et al. (29), em outro estudo eletromiográfico, avaliaram 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 proprioceptivas. 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.

O treinamento proprioceptivo na prancha proprioceptiva foi estudado com o objetivo de analisar o tempo de reação muscular em pacientes com história de entorse de tornozelo. Dez indivíduos com história de entorse unilateral foram submetidos a oito semanas de treinamento na prancha proprioceptiva, os tornozelos lesionados foram usados como grupo experimental e o tornozelo sadio como grupo controle. A média do tempo de latência foi registrada antes e depois dos treinos, sendo os músculos testados: tibial anterior, tibial posterior, fibular longo e extensor longo dos dedos. Os resultados revelaram significativa redução no tempo de latência do tibial anterior em ambos os grupos. Esses achados indicam que os exercícios de estabilização rítmica podem ser incluídos em um programa de reabilitação para entorse de tornozelo para ampliar a coordenação neuromuscular em resposta a uma translação articular inesperada (1).

No presente trabalho, pôde-se notar que o disco proprioceptivo e o balancim geraram grande desequilíbrio e instabilidade para a articulação do tornozelo, produzindo grande atividade eletromiográfica dos estabilizadores dinâmicos de tornozelo, dessa forma, esses exercícios mostram-se serem importantes na reabilitação e no recrutamento dos músculos do tornozelo, principalmente na fase final de tratamento das instabilidades articulares de tornozelo. Porém, analisando a atividade muscular durante a coleta na cama elástica notou-se o aumento da atividade elétrica muscular apenas no músculo tibial anterior, indicando que a cama elástica apresenta o mesmo comportamento do solo estável, gerando pouco desequilíbrio e, conseqüentemente, menor ativação muscular.

Acredita-se que a maior fonte de mecanorreceptores do tornozelo encontra-se nos ligamentos, os quais são responsáveis pela propriocepção e manutenção da estabilidade articular. Foi demonstrado histologicamente a presença de terminações de Ruffini, corpúsculos de Paccini e órgãos tendinosos de Golgi nos ligamentos do tornozelo (1). Assim, exercícios em solos instáveis geram mudanças rápidas no comprimento dos ligamentos do tornozelo, devido ao fato de estimular o tornozelo em múltiplos planos de movimento, gerando estímulos aferentes e respostas motoras reflexas para produzir a rápida estabilidade articular (6). O mesmo autor complementa que o objetivo desse treinamento é induzir perturbações não previstas, estimulando assim a estabilização reflexa e produção de cocontração agonista-antagonista.

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 (26). Dessa forma, o treinamento proprioceptivo e de equilíbrio são recomendados para restaurar o controle motor dos membros inferiores (4). 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 movimento (4).

Cabe ressaltar que o presente trabalho avaliou indivíduos sem lesão de tornozelo, portanto, os achados do trabalho devem ser inferidos à população normal, e que indivíduos com instabilidade articular aguda e crônica podem apresentar outro padrão de recrutamento muscular nos diferentes solos instáveis.

Atualmente tem sido muito estudado o mecanismo de ativação muscular antecipatória em resposta a um determinado estímulo. Postula-se que a capacidade de preparar os músculos antes do movimento, a pré-resposta, é conhecida como *feed-forward* do controle motor. Um músculo pode ser pré-ativado pelo sistema nervoso central para prevenir os movimentos e as cargas articulares. Os músculos pré-ativados podem fornecer compensação rápida para as descargas externas e são essenciais para a estabilização dinâmica da articulação. A atividade muscular preparatória contribui com o sistema de restrição dinâmica em diversos pontos, aumentando o nível de ativação muscular antes da chegada da carga externa, onde as propriedades de rigidez de toda a unidade muscular podem ser aumentadas (4).

Estudos recentes têm observado que há evidência para sugerir que um programa de treinamento para indivíduos com instabilidade de tornozelo que inclui disco proprioceptivo para o tornozelo ou atividades de “cambalejar” na tábua proprioceptiva ajuda na melhora do equilíbrio unipodal e diminui a probabilidade de entorses futuros (30).

Assim, os resultados da literatura corroboram com os achados deste estudo, que indicam que os exercícios em terrenos instáveis aumentam de forma significativa a atividade eletromiográfica, podendo ser utilizados na prevenção e reabilitação de lesões do tornozelo.

CONCLUSÃO

Os resultados mostraram um aumento significativo na atividade muscular na maioria dos solos instáveis comparado ao solo estável. Apenas a atividade do músculo tibial anterior apresentou diferença significativa utilizando a cama elástica, mostrando que os outros músculos apresentaram ativações semelhantes comparado ao solo estável.

Pôde-se observar ainda que o músculo tibial anterior e fibular longo foram os músculos que apresentaram maior atividade eletromiográfica em todos os solos, seguida dos músculos gastrocnêmio medial, tibial posterior e gastrocnêmio lateral.

Em relação aos solos que geraram maior ativação muscular, destacou-se o disco proprioceptivo, seguido do balancim e da cama elástica. Portanto essas técnicas utilizadas na reabilitação sensório-motora mostraram ser eficazes na ativação dos músculos do tornozelo, sendo de fundamental importância na reabilitação do tornozelo.

Sendo assim, se realizado um protocolo fisioterapêutico para reabilitação proprioceptiva do tornozelo de acordo com a proposta do trabalho, pode-se iniciar com o solo estável, seguindo da cama elástica, evoluindo para o balancim e finalmente o disco proprioceptivo nas fases finais da reabilitação proprioceptiva, o qual exige maior atividade muscular.

Faz-se necessário o desenvolvimento de mais estudos eletromiográficos analisando variáveis ainda não estudadas, como a influência de outros tipos de solos, diferentes tempos de coleta e até mesmo com a retirada da percepção visual, visando aumentar o conhecimento científico sobre a influência do treinamento proprioceptivo no desempenho da musculatura protetora do tornozelo, para que no futuro seja possível contribuir tanto para a área de treinamento como para a programação de um protocolo de tratamento fisioterapêutico específico para as lesões do tornozelo.

REFERÊNCIAS

1. Osborne MD, Chou LS, Laskowski ER, Smith J, Kaufman KR. The effect of ankle disk training on muscle reaction in subjects with a history of ankle sprain. *Am J Sports Med.* 2001;29(5):627-32.
2. Mchugh MP, Tyler TF, Tetro DT, Mullaney MJ, Nicholas SJ. Risk factors for noncontact ankle sprains in high school athletes: the role of hip strength and balance ability. *Am J Sports Med.* 2006;34(3):464-70.
3. Lephart SM, Pincivero DM, Giraido JL, Fu FH. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med.* 1997;25(1):130-7.
4. Voight ML, Cook G. Controle neuromuscular deficiente: treinamento de reativação neuromuscular. In: Prentice WE, Voight ML. *Técnicas de reabilitação musculoesquelética.* Porto Alegre: Artmed; 2003. p. 727.
5. Andrews J, Harrelson G, Wilk K. *Reabilitação física das lesões esportivas.* 2a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
6. Peccin MS, Pires L. Reeducação sensório-motora. In: Cohen M, Abdalla RJ. *Lesões nos esportes: diagnóstico, prevenção e tratamento.* Rio de Janeiro: Revinter; 2003. p. 575-7.
7. Smith L, Weiss E, Lehmkuhl D. *Cinesiologia clínica de brunnstrom.* 5a ed. São Paulo: Manole; 1997.
8. Silva S, Gonçalves M. Comparação de protocolos para verificação da fadiga muscular pela eletromiografia de superfície. *Revista Motriz.* 2003;9(1):51-8.
9. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech.* 1997;13(2):135-63.

10. Robergs RA, Robergs SO. Princípios fundamentais de fisiologia do exercício para aptidão, desempenho e saúde. São Paulo: Phorte; 2002. p. 489.
11. O'Sullivan SB, Schmitz TJ. Fisioterapia: avaliação e tratamento. 4a ed. São Paulo: Manole; 2004. p. 1152.
12. Ocarino JM, Silva, PLP, Vaz, DV, Aquino, CF, Brício, RS, Fonseca, ST. Eletromiografia: interpretação e aplicações nas ciências da reabilitação. *Fisioter. Bras.* 2005;6(4):305-9.
13. Stronjnik V, Vengust R, Pavlovic V. The effect of proprioceptive training on neuromuscular function in patients with patellar pain. *Cell Mol Biol Lett.* 2002;7(1):170-1.
14. Cooke JD. The role of stretch reflexes during active movements. *Brain Res.* 1980;181(2):493-7.
15. Sheth P, Yu B, Laskowski ER, An KN. Ankle disk training influences reaction times of selected muscles in a simulated ankle sprain. *Am J Sports Med.* 1997;25(4):538-43.
16. Holm I, Fosdahl MA, Friis A, Risberg MA, Myklebust G, Steen H. Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clin J Sport Med.* 2004;14(2):88-94.
17. Santilli V, Frascarelli MA, Paoloni M, Frascarelli F, Camerota F, De Natale L, et al. Peroneus longus muscle activation pattern during gait cycle in athletes affected by functional ankle instability: a surface electromyographic study. *Am J Sports Med.* 2005;33(8):1182-7.
18. Verhagen EA, van Tulder M, van der Beek AJ, Bouter LM, van Mechelen W. An economic evaluation of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains in volleyball. *Br J Sports Med.* 2005;39(2):111-5.
19. Behm DG, Anderson KG, Curnew S. Muscle force and neuromuscular activation under stable and unstable conditions. *J Strength Cond Res.* 2002;16(3):416-22.
20. McGuine TA, Keene JS. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *Am J Sports Med.* 2006;34(7):1103-11.
21. Solomonow, MA. Practical guide to electromyography international society of biomechanics. Proceedings of the 15th JyVaskyla, International Society of Biomechanics Congress. Finland, 5 July, 1995. p. 96.
22. Hermens HJ, Frekis B, Merletti R, Stegman D, Rau G, Klug CD, Hägg G. European recommendations for surface electromyography - SENIAM, 1999. p. 16-7.
23. Delagi EF, Perotto A. An anatomic guide for the electromyographies-the limb. physical medicine and rehabilitation, 2nd ed. Springfield: Thomas Publishing Company; 1980.
24. American College of Sports Medicine – ACSM. Physical activity and public health: update recommendation for adults from de American college of sports medicine and the American heart association. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(8):1423-34.
25. Myers JB, Riemann BL, Hwang JH, Fu HF, Lephart MS. Effect of peripheral afferent alteration of the lateral ankle ligaments on dynamic stability. *Am J Sports Med.* 2002;31(4):498-506.

26. Mattacola CG, Dwyer MK. Rehabilitation of the ankle after acute sprain or chronic instability. *J Athl Train.* 2002;37(4):413-29.
27. Racinais S, Blanc S, Jonville S, Hue O. Time of day influences the environmental effects on muscle force and contractility. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(2):256-61.
28. Cunha PL, Bonfim TR. Ativação eletromiográfica em exercícios sobre a prancha de equilíbrio. *Fisioter Bras.* 2007;8(2):192-7.
29. Oliveira FB, de Paula, RH, Oliveira, CG, Dantas, EHM. Avaliação de dois modelos de tábua proprioceptiva com dois tipos de apoios por meio da eletromiografia de superfície. *Fisioter Bras.* 2006;7(3):187-90.
30. Madras D, Barr B. Rehabilitation for functional ankle instability. *J Sport Rehabil.* 2003;12:133-42.

Recebido: 30/11/2007

Received: 11/30/2007

Aprovado: 02/04/2009

Approved: 04/02/2009

Revisado: 13/07/2009

Reviewed: 07/13/2009