

ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DOS MÚSCULOS DO ABDOME E RETO FEMORAL EM EXERCÍCIOS ABDOMINAIS COM SUPERFÍCIE INSTÁVEL

FABIO CLEMENTE GREGORIO¹, CARLOS EDUARDO DA SILVA PEREIRA¹, BRUNO MAGNO NICURGO BORGES ROSA MARTINS¹, JULIANA CRISTINA DORNELAS SILVA¹, CAMILA FRANCO TIMÓTEO¹, THIAGO DEFENSOR¹, GILMAR DA CUNHA SOUSA², *FREDERICO BALBINO LIZARDO²

RESUMO: As superfícies instáveis são equipamentos utilizados na execução dos exercícios abdominais. Portanto, objetivou-se analisar e comparar a atividade eletromiográfica dos músculos Reto do Abdome parte superior (RAS) e parte inferior (RAI), Oblíquo Externo do Abdome (OE), Oblíquo Interno do Abdome (OI) e Reto Femoral (RF) durante a execução do exercício abdominal tradicional com diferentes posições do *bosu*. Amostra foi composta 10 voluntários do gênero masculino, com idade de $20,5 \pm 2,3$ anos, massa corporal $69,8 \pm 7,8$ kg, estatura $1,70m \pm 0,05$, índice de massa corporal de $23,3 \pm 2$ kg/m², fisicamente ativos sem disfunção neuromuscular. Para captação dos sinais eletromiográficos foram utilizados eletrodos de superfície diferenciais simples. Os voluntários realizaram três séries de cinco repetições em cada exercício abdominal com *bosu* invertido e normal. O sinal eletromiográfico foi quantificado pela Raiz Quadrada da Média (Root Mean Square – RMS) e normalizado (RMSn) pela contração isométrica voluntária máxima (CIVM). Utilizou-se o teste Shapiro Wilk para avaliar a normalidade dos dados e, posteriormente, o teste t de Student para comparação dos valores de RMSn do mesmo músculo entre os dois exercícios. A atividade eletromiográfica dos músculos RAS e RAI foi significativamente maior no exercício abdominal com *bosu* normal em comparação com *bosu* invertido. Portanto, a utilização do *bosu* nos exercícios abdominais pode ser um fator desejável e necessário em estágios específicos de programas de reabilitação e/ou treinamento físico devido a maior instabilidade na realização do exercício, no entanto, recomenda-se a escolha do *bosu* normal para aumentar o recrutamento dos músculos abdominais.

PALAVRAS-CHAVE: Eletromiografia. Reto do Abdome. *Bosu*.

1- Graduado(a) em Educação Física, Faculdade de Educação Física, Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, MG, Brasil;

2- Professor, Doutor, Laboratório de Eletromiografia Cinesiológica - LABEC-UFU. * Autor para correspondência: LABEC-UFU. Av. Pará 1720 - Bloco 2A - Sala 2A06, Jardim Umuarama. CEP: 38.400-902 - Uberlândia/MG - BRASIL, e-mail: frederico@ufu.br.

ABSTRACT: Abdominal exercises are frequently performed on unstable surfaces. Therefore, we analyzed and compared the electromyographic activity of the upper (URA) and lower rectus abdominis (LRA), external oblique abdominis (EO), internal oblique abdominis (IO) and rectus femoris (RF) during traditional abdominal exercises on a normal and inverted bosu. The sample consisted of 10 physically active, male volunteers without neuromuscular dysfunction (age: 20.5 ± 2.3 y, weight: 69.8 ± 7.8 kg, height: $1.70\text{m} \pm 0.05$, body mass index (BMI): 23.3 ± 2 kg/m²). Electromyographic signals were captured with single differential surface electrodes. The volunteers performed three series of five repetitions for each abdominal exercise with a normal and inverted bosu. The EMG signal was recorded and expressed as root mean square (RMS) and normalized by the maximal voluntary isometric contraction. A Shapiro-Wilk test was performed to evaluate data normality and a student t-test was performed to compare the RMSn values of the same muscle during both exercises. The electromyographic activity of the URA and LRA muscles for the exercise with the normal bosu was significantly higher than that of the exercise with the inverted bosu. Therefore, the use of bosu in abdominal exercises can be a desirable and necessary factor in specific stages of rehabilitation programs and/or physical training due to greater instability when performing the exercise, however, it is recommended to opt for the normal bosu to increase the recruitment of the abdominal muscles.

KEYWORDS: Electromyography. Rectus Abdominis. Bosu.

INTRODUÇÃO

A eletromiografia (EMG) é o estudo da função muscular através da averiguação do sinal elétrico que emana de um músculo em atividade (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985). Segundo Portney (1993), eletromiografia é o estudo da atividade da unidade motora. Esta técnica permite que sinais eletromiográficos, resultantes do somatório do potencial de ação da unidade motora de diversas fibras musculares, sejam captados e mensurados por um equipamento denominado eletromiógrafo (REIS, 2013).

O estudo a partir desse registro permite o acesso a informações relativas ao controle dos movimentos voluntários e/ou reflexos além de quantificar a magnitude da resposta elétrica muscular durante o movimento (HAMILL; KNUTZEN, 2012). A captação de potenciais elétricos produzidos pelos músculos durante contração voluntária é considerada como fundamental para estudos anatômicos, cinesiológicos e clínicos da atividade muscular, já que fornece mais informações sobre a fisiologia de um músculo ou grupo muscular, e também possibilita conclusões mais claras da sua Anatomia (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985).

Atualmente os exercícios físicos e o treinamento de força vêm adquirindo grande importância, tanto para a manutenção da saúde e do bem estar, quanto para a otimização do desempenho de atletas, reabilitação e aumento ou diminuição de massa corporal. Os avanços científicos e tecnológicos têm aumentado as áreas de conhecimentos em muitas disciplinas, possibilitando melhorias significativas em diversos aspectos relacionados à vida do ser humano (MORAES, 2009).

Existe um grande interesse no desenvolvimento e fortalecimento dos músculos abdominais não só pela reabilitação, mas também pelo papel destes na imagem corporal. Os músculos abdominais possuem grande importância para a estabilização do tronco e da coluna vertebral (MONFORT-PAÑEGO et. al., 2009).

Falta de condicionamento físico desta musculatura pode ocasionar alterações biomecânicas e condições dolorosas, como dor nas costas (lombalgia). Evidências sugerem benefícios da inclusão de exercícios de fortalecimento para os músculos envolvidos na flexão do tronco nos programas de prevenção e tratamento da lombalgia (VAZ et. al., 1991; DA FONSECA et. al., 2009).

Vários aparelhos e instrumentos podem ser utilizados na execução dos exercícios abdominais, dentre eles destacam-se as superfícies instáveis (bola de ginástica, *bosu* e disco de equilíbrio) que estão disponíveis na área de *fitness* e reabilitação física (BEHM et al.,

2010). O *bosu balance trainer* é um instrumento de superfície instável que possui uma sólida plataforma de base com uma redoma de borracha inflável, semelhante a uma bola de ginástica partida ao meio (BEHM et al., 2010; LAUDNER, KOSCHNITZKY, 2010). O *bosu balance trainer* tornou-se bastante popular nas academias de ginástica e clínicas de terapia física por ser considerado um instrumento versátil que pode ser utilizado com a plataforma apoiada no chão (*bosu normal*) ou virada para cima (*bosu invertido*) em diferentes tipos de exercícios (LAUDNER, KOSCHNITZKY, 2010).

Alguns autores analisaram a atividade elétrica dos músculos do *core* em diferentes exercícios abdominais e de estabilização do tronco com e sem utilização de superfícies instáveis (LIZARDO et al., 2009; SUNDSTRUP et al., 2012; GOTTSCHALL et al., 2013; KIM et al., 2013; TAN et al., 2013; YOUDAS et al., 2014). Entretanto, existem lacunas na literatura comparando o nível de atividade dos músculos abdominais e da coxa no exercício abdominal com a utilização do *bosu normal* (plataforma apoiada no chão) ou *bosu invertido* (plataforma virada para cima).

Este estudo foi realizado com finalidade de fornecer uma medida quantitativa da ativação muscular no exercício abdominal com diferentes posições do *bosu*, proporcionando uma base teórica para o direcionamento de programas de prevenção, reabilitação e treinamento esportivo que objetivam o desenvolvimento e fortalecimento dos músculos abdominais.

Portanto, objetivou-se analisar e comparar a atividade eletromiográfica dos músculos reto do abdome parte superior (RAS) e parte inferior (RAI), oblíquo externo do abdome (OE), oblíquo interno do abdome (OI) e reto femoral (RF) durante a execução do exercício abdominal tradicional com diferentes posições do *bosu*.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da pesquisa e amostra: trata-se de um estudo de caráter experimental-quantitativo, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (número 005755) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e desenvolvido no Laboratório de Eletromiografia Cinesiológica (LABEC) da UFU.

A amostra foi composta 10 voluntários do gênero masculino, com idade de $20,5 \pm 2,3$ anos, massa corporal $69,8 \pm 7,8$ kg, estatura $1,70\text{m} \pm 0,05$, índice de massa corporal de $23,3 \pm 2$ kg/m². Como critérios de inclusão, todos os indivíduos deveriam ser praticantes de atividade física regular pelo menos três vezes por semana nos últimos três meses, incluindo

exercícios aeróbios e treinamento resistido (MARSHALL; DESAI, 2010; YODAS et al., 2008), ser considerados fisicamente ativo e possuir experiência em exercícios abdominais.

Foram excluídos indivíduos com histórico de lombalgias e/ou qualquer outro tipo de disfunção musculoesquelética que pudesse interferir na execução dos exercícios. Foram excluídos também os indivíduos que utilizavam medicamentos que pudessem influenciar a atividade muscular.

Eletromiografia: Para o registro eletromiográfico, foi utilizado o eletromiógrafo computadorizado da MyosystemBr1 P84/DATAHOMINIS Tecnologia® (Uberlândia, MG, Brasil), projetado de acordo com normas da *International Society of Electrophysiology and Kinesiology* (ISEK), o qual possui impedância de entrada de 1015 Ohms, conversor analógico/digital com resolução de 16 bits, filtros *Butterworth* e bateria recarregável integrada. O MyosystemBr1 P84 foi conectado a um laptop/notebook alimentado apenas por bateria. Os sinais eletromiográficos foram coletados e processados posteriormente usando um aplicativo de *software Myosystem Br1* (versão 3.5.6). A frequência de amostragem utilizada foi de 2000 Hz por canal durante toda a coleta, e os sinais eletromiográficos foram submetidos a um filtro passa-alta de 20 Hz e passa-baixa de 500 Hz.

Para a captação dos sinais eletromiográficos, foram utilizados eletrodos de superfície diferenciais simples (DataHominis Tecnologia Ltda., Uberlândia, MG, Brasil) constituído por duas barras retangulares paralelas de prata pura de 10mm de comprimento, 1mm de largura e distância entre as barras de 10mm, com circuito pré-amplificador com ganho de 20 vezes, razão de rejeição em modo comum de 92 dB e razão sinal/ruído $<3\mu\text{V RMS}$. A preparação dos voluntários consistiu em tricotomia e limpeza da pele com álcool 70%.

Os eletrodos de superfície foram colocados nos músculos reto do abdome parte superior (RAS), reto do abdome parte inferior (RAI), oblíquo interno do abdome (OI), oblíquo externo do abdome (OE) e reto femoral (RF) do antímero direito (GOTTSCHALL et al., 2013; TAN et al. 2013), com sua orientação paralela e as barras de detecção do sinal perpendicular ao sentido das fibras musculares (DE LUCA, 1997).

Para o músculo RAS, o eletrodo foi alinhado verticalmente e fixado no centro do ventre muscular no ponto médio entre o processo xifóide do osso esterno e cicatriz umbilical (mas não na intersecção tendínea) e 3 cm lateral a linha mediana do corpo; o eletrodo do músculo RAI foi colocado no centro do ventre muscular no ponto médio entre cicatriz umbilical e sínfise púbica e 3 cm lateral a linha mediana (ESCAMILLA et. al., 2010).

O eletrodo no músculo OE foi colocado superiormente a espinha íliaca ântero-superior (EIAS) do osso do quadril, aproximadamente a 15 centímetros laterais da cicatriz umbilical

(GARCÍA-VAQUERO et. al., 2012) e foi posicionado de forma oblíqua estando alinhado paralelamente a uma linha que conecta o ponto inferior da margem costal das costelas ao tubérculo púbico contralateral (ESCAMILLA et. al., 2010; HIBBS et. al., 2011).

O eletrodo do músculo OI foi alinhado horizontalmente e colocado dois centímetros inferior e medial a EIAS do osso do quadril (ESCAMILLA et. al., 2010; HIBBS et. al., 2011), localizado no interior de um triângulo delimitado pelo ligamento inguinal, borda lateral da bainha do reto e uma linha que conecta ambas EIAS (ESCAMILLA et. al., 2010; GARCÍA-VAQUERO et. al., 2012), onde apenas a aponeurose do OE e não suas fibras musculares encobrem o OI (ESCAMILLA et. al., 2010).

Para o músculo RF, foi utilizado às recomendações do SENIAM - *Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles* - (HERMENS; FRERIKS, 1999), ou seja, o eletrodo foi colocado na linha média da coxa e no ponto médio (50%) da linha que se estende da EIAS do osso do quadril até a borda proximal da patela.

Após a colocação dos eletrodos os voluntários realizaram movimentos específicos, de acordo com a função muscular, para verificar o posicionamento correto destes e examinar a qualidade do sinal EMG (KONRAD, 2005).

Foi utilizado um eletrodo de referência (Bio-logic Systems - SP Médica, Científica e Comercial Ltda., São Paulo, SP, Brasil) fixado na pele sobre a EIAS do osso do quadril esquerdo. O eletrodo de referência (*Bio-logic Systems* - SP Médica, Científica e Comercial Ltda., São Paulo, SP, Brasil), constituído por um disco de aço inoxidável (30 mm de diâmetro x 1,5 mm de espessura), foi fixado na pele sobre a EIAS do osso quadril esquerdo (KANG et al., 2012).

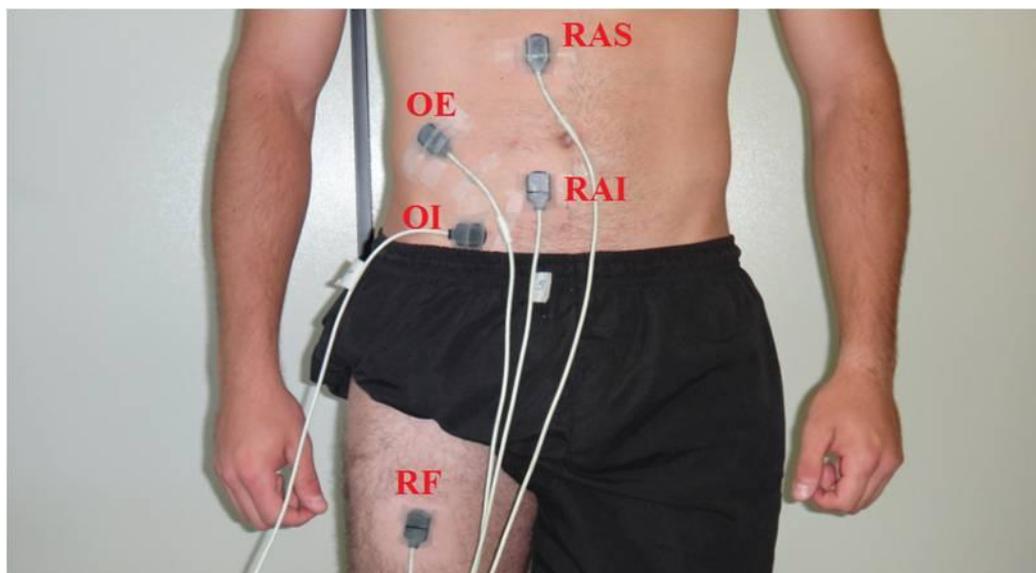


Figura 1: Posicionamento dos eletrodos nos músculos reto do abdome parte superior (RAS), reto do abdome parte inferior (RAI), oblíquo interno do abdome (OI), oblíquo externo do abdome (OE) e reto femoral (RF).

Procedimento experimental:

O procedimento experimental consistiu na realização de dois exercícios abdominais com a utilização do *bosu*, sendo que a coleta de dados foi realizada em uma única sessão. Primeiramente os voluntários passaram por uma avaliação física (estatura e massa corporal) e receberam instruções sobre a forma correta de realização dos exercícios e da contração isométrica voluntária máxima (CIVM), para assegurar conforto e familiaridade (ESCAMILLA et. al., 2010). Em seguida, foram colocados os eletrodos nos músculos RAS, RAI, OE, OI e RF para realização da coleta do sinal eletromiográfico.

No início de cada teste foram realizadas duas repetições de CIVM com 5 segundos e período de descanso de três minutos entre cada teste para cada músculo (BROWN, 2008). Para estabelecer comparações adequadas da atividade eletromiográfica entre diferentes músculos durante a realização dos exercícios abdominais, os valores brutos de *root mean square* (RMS) de cada músculo foram normalizados em termos de porcentagem do valor máximo da contração isométrica voluntária máxima (%CIVM) (ESCAMILLA et. al., 2010; GARCÍA-VAQUERO et. al., 2012). Posteriormente à normalização dos sinais, os valores brutos de RMS expressos em μV , foram convertidos em valores de RMSn (valores normalizados de RMS) expressos em porcentagem da CIVM (% CIVM).

Os testes de CIVM dos músculos abdominais e RF serão descritos a seguir:

1- Músculo RA: os sujeitos ficaram deitados no chão sobre um colchonete em posição de decúbito dorsal com quadris e joelhos flexionados a 90°, os pés fixos no chão e com uma flexão parcial do tronco até que as escápulas fossem elevadas do solo (Curl Up). Foram instruídos na tentativa de realizar uma flexão do tronco no plano sagital com resistência manual do pesquisador na região do ombro e no sentido da extensão do tronco (ESCAMILLA et. al., 2010).

2- Músculos OE e OI : os sujeitos ficaram deitados no chão sobre um colchonete em posição de decúbito dorsal com quadris e joelhos flexionados a 90°, os pés fixos no chão e o tronco em flexão e rotação pra esquerda ou direita. Foram instruídos a manter a flexão do tronco com rotação para a esquerda ou direita, sendo aplicada pelos pesquisadores uma resistência manual no ombro no sentido da extensão e rotação contra-lateral do tronco (ESCAMILLA et. al., 2010).

3- Músculo RF: os sujeitos ficaram sentados com quadris e joelhos flexionados a 90°. Foram instruídos na tentativa de realizar uma extensão da perna com resistência manual do pesquisador na parte distal da perna e no sentido da flexão da perna (ESCAMILLA et al., 2010).

Após o término das CIVM, foram utilizados cinco minutos de intervalo para que os indivíduos pudessem descansar e se preparar para a sequência das coletas. O dispositivo *bosu* (Bosu Balance - ISP Dyna) é versátil e resistente, suporta até 200 kg, possui 55 cm diâmetro e combina uma sólida plataforma de base com uma redoma de borracha inflável. O *bosu* foi inflado até uma altura recomendada de aproximadamente 25,4 cm, e foi utilizado com a plataforma apoiada no chão (*bosu* normal) e virada para cima (*bosu* invertido).



Figura 2. Equipamento *bosu* (Meia Bola Bosu Balance - ISP Dyna).

Exercícios Executados:

Os voluntários executaram três séries de cinco repetições nos exercícios abdominais com *bosu* normal e invertido, sendo utilizado dois segundos para a fase concêntrica e dois segundos para a fase excêntrica. Foi utilizado um metrônomo (fixado com um batimento por segundo) para ajudar e garantir a cadência adequada durante os exercícios abdominais. Para evitar o efeito da fadiga muscular como fator limitante foram utilizados dois minutos de intervalo de descanso entre cada exercício (YOUODAS et. al., 2008).

Exercícios Executados : Foi construído e utilizado um aparelho com duas barras verticais e uma barra horizontal regulável de canos de Policloreto de vinila (PVC), destinado a limitar a fase concêntrica do movimento e adaptado de acordo com Hildenbrand e Noble (2004). O sujeito realizou o exercício até tocar o tórax na barra horizontal, que foi regulada no ponto que o voluntário realizava a flexão parcial do tronco.

Os exercícios estão ilustrados da figura 3 e 4 e descritos abaixo:

- **Posição inicial dos exercícios:** os sujeitos permaneceram em decúbito dorsal com a região lombar apoiada no *bosu*, quadris e joelhos flexionados e os pés apoiados no solo.
- **Posição final dos exercícios:** Os voluntários foram instruídos a realizar uma flexão do tronco no plano sagital até encostar o tórax na barra horizontal do aparelho de PVC, com os polegares colocados sobre as orelhas, as mãos relaxadas contra a cabeça e os cotovelos afastados lateralmente e, em seguida, retornaram a posição inicial.

A diferença entre os dois exercícios abdominais estava na forma de apoio no *bosu*, o qual foi utilizado com a plataforma apoiada no chão (*bosu* normal) e virada para cima (*bosu* invertido). A ordem de execução dos exercícios foi escolhida de forma aleatória entre os voluntários por meio de um sorteio.

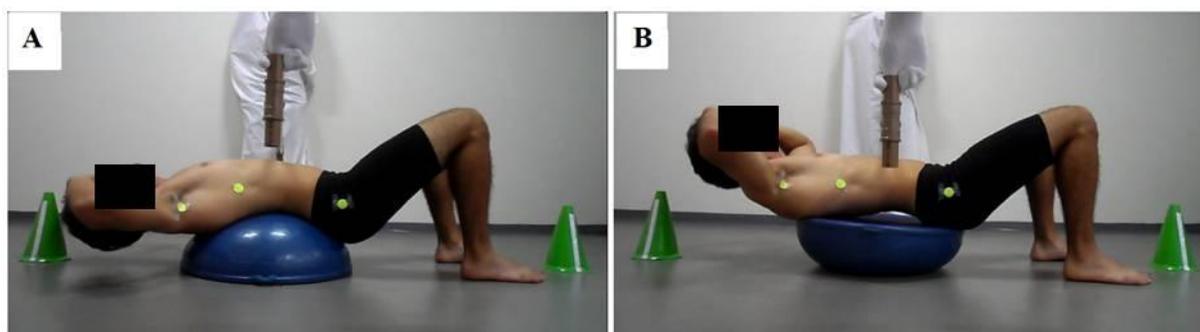


Figura 3. A: Posição inicial no exercício com *bosu* normal. **B:** Posição inicial no exercício com *bosu* invertido.

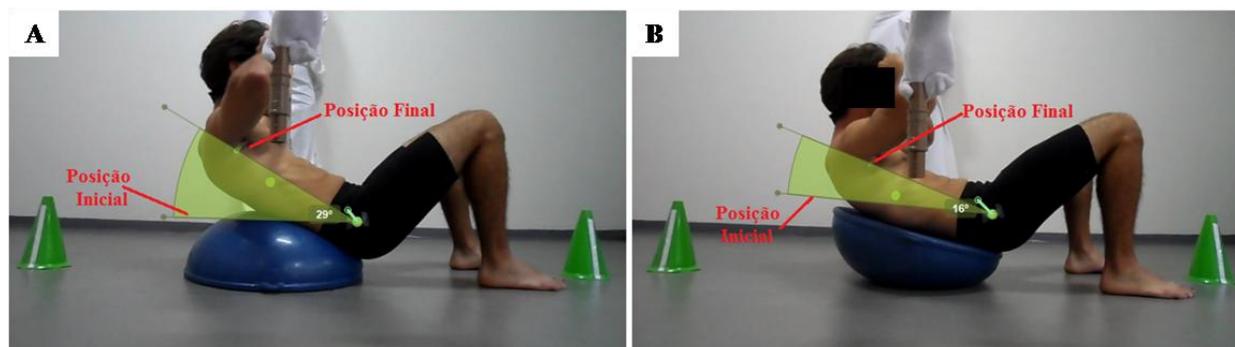


Figura 4. **A:** Posição final no exercício com *bosu* normal. **B:** Posição final no exercício com *bosu* invertido.

As análises dos sinais eletromiográficos foram realizadas individualmente para averiguação do registro e rotina do sinal, sendo considerados somente os sinais que não apresentassem interferência de qualquer natureza. Para isso, após a coleta dos sinais eletromiográficos, foram verificadas as informações a respeito da normalidade destes sinais por meio do histograma de distribuição da amostra e espectro de frequência, os quais permitem observar eventuais interferências que possam estar presentes nas coletas (AGUIAR, 2006).

Análise dos dados

Para análise do sinal, os valores brutos de RMS de cada músculo foram processados e analisados utilizando-se o software *Myosystem br1* (versão 3.5.6). Os sinais eletromiográficos obtidos durante as CIVM e todos os exercícios abdominais foram analisados e quantificados no domínio do tempo utilizando a variável RMS. Para De Luca (1997), o valor de RMS é o parâmetro mais utilizado para análise no domínio temporal e que melhor representa amplitude do sinal eletromiográfico em contrações musculares voluntárias. Os valores médios de RMS foram calculados durante três repetições de cinco realizadas, sendo que a primeira e última contração muscular foram excluídas.

O valor máximo da CIVM foi utilizado para a normalização dos dados e os valores de coeficientes de correlação intraclassa (ICC) de RMS nos testes de CIVM foram 0.8740 (RAS), 0.9868 (RAI), 0.7923 (OE), 0.8558 (OI) e 0.8162 (RF). Além disso, os valores médios de ICC do sinal eletromiográfico durante os exercícios abdominais foram 0.9806 (RAS), 0.9711 (RAI), 0.7757 (OE), 0.8071 (OI) e 0.8772 (RF).

Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando-se o programa computadorizado GraphPad Prism (versão 3.0 – Graphpad Software, Inc). Utilizou-se o teste Shapiro Wilk para avaliar a normalidade dos dados, posteriormente, 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 RMS normalizado (RMSn) do mesmo músculo entre os diferentes exercícios (*bosu* normal e invertido). O nível de significância foi estabelecido em 5% ($p < 0,05$). Todos os resultados são apresentados na forma de média e desvio padrão e o tamanho do efeito (*effect size* / ES) foi calculado utilizando a descrição de *Cohen's* para interpretação (ES = 0,2 pequeno; ES = 0,5 médio e ES = 0,8 grande).

RESULTADOS

Os valores da atividade elétrica (valores médios de RMSn) dos músculos RAS, RAI, OE, OI e RF durante o exercício abdominal tradicional com *bosu* normal e invertido, estão demonstrados na figura 5.

A atividade do músculo RAS no exercício com *bosu* normal foi maior ($p < 0.01$; ES= 0.29) em relação ao *bosu* invertido. O sinal eletromiográfico do músculo RAI no exercício com *bosu* normal foi mais alto ($p < 0.05$; ES= 0.26) em comparação ao *bosu* invertido.

Em relação aos músculos OE, OI e RF, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0.05$) dos valores médios de RMSn durante a execução do exercício abdominal com *bosu* normal e invertido.

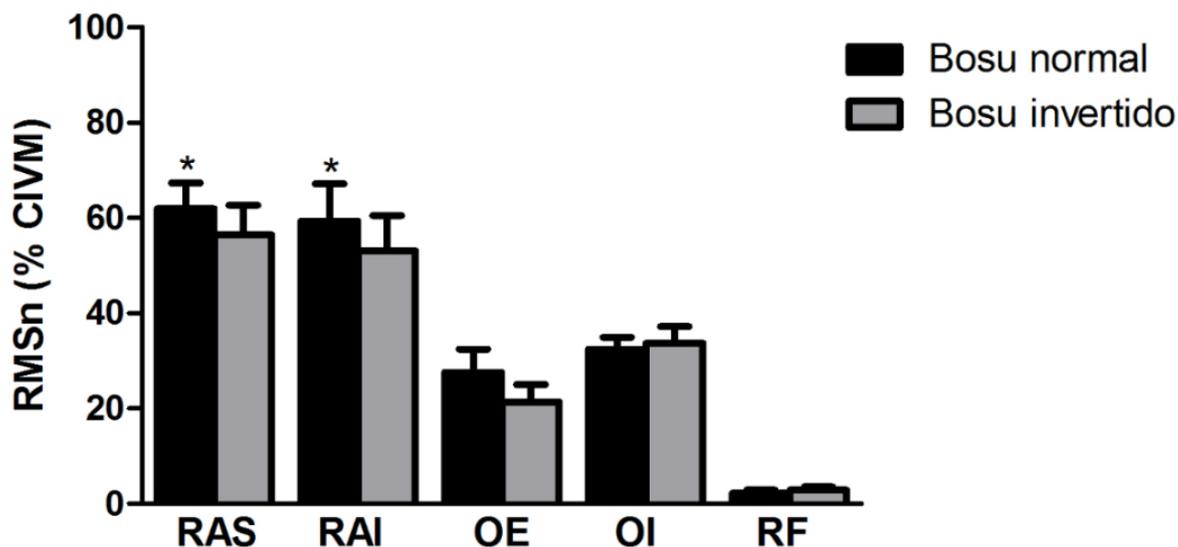


Figura 5 : Comparação dos valores de RMSn dos músculos RAS, RAI, OE, OI e RF durante os exercícios abdominais com *bosu* normal e invertido. As barras representam a média e o desvio padrão. * significativamente maior em relação ao bosu invertido ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

Os resultados da presente pesquisa demonstram que os músculos RAS e RAI apresentaram significativamente maior atividade elétrica no exercício abdominal com *bosu* normal em comparação com *bosu* invertido.

Apesar do exercício no *bosu* invertido apresentar maior instabilidade do que o exercício com *bosu* normal, a ativação elétrica destes músculos foi maior neste último. Essa diferença de ativação pode ser justificada pela relação comprimento-tensão, pois de acordo com Bankoff (2007) a quantidade de força produzida por um músculo também está relacionada com o comprimento em que o músculo é mantido. E a tensão máxima que pode ser gerada na fibra muscular ocorrerá quando um músculo for ativado em um comprimento levemente maior que o comprimento de repouso.

Essa relação estabelece que o comprimento muscular mais indicado para gerar tensão é levemente superior ao comprimento de repouso, pois os componentes contráteis estão produzindo tensão na disposição ideal e os componentes passivos estão armazenando energia

elástica e adicionando-a a tensão total da unidade (BANKOFF, 2007). Há entre os componentes contráteis, apoio à disposição do músculo em alongamento antes da realização da ação muscular. “Quando o músculo ativado é alongado antes do encurtamento, sua performance é aumentada durante a fase isotônica concêntrica” (KUBO et. al., 2001).

Em ambos os exercícios os voluntários tiveram que encostar o tronco na barra horizontal ao mesmo instante em que removesse por completo as escápulas da superfície de apoio, sendo dado o intervalo de dois segundos para a execução da fase concêntrica e dois segundos para a excêntrica. Porém, o ângulo do espaço percorrido pelo tronco durante os exercícios foi maior naquele que utilizou o *bosu* normal, devido ao pré-estiramento dos músculos RAS e RAI no início do exercício.

Outro motivo que pode ter influenciado esta diferença significativa de ativação dos músculos RAS e RAI, é o fato do *bosu* normal ficar com a base plana fixa ao solo durante a execução do exercício, apesar de ter a superfície convexa em contato com as costas do voluntário. Em contrapartida, na outra variação do exercício, o *bosu* invertido acompanha o movimento (“balanço”) do voluntário devido a sua base em superfície convexa estar apoiada no solo, o que possivelmente facilita o movimento.

No presente trabalho, os exercícios abdominais realizados no *bosu* podem ser considerados exercícios instáveis. Apesar do *bosu* invertido manter as costas do voluntário apoiada em uma superfície plana, a sua base é convexa em relação ao solo, o que exige que a musculatura estabilizadora do voluntário entre em ação para minimizar o desequilíbrio, bem como para uma correta realização do exercício. No exercício com *bosu* normal, a base plana fica apoiada firmemente no solo e a superfície convexa e macia em contato com as costas do voluntário, fator que também provoca desequilíbrio no sujeito, ficando suscetível a quedas.

Monfort-Pañego et al. (2009) recomendaram realizar exercícios de flexão da coluna vertebral com joelhos e quadris flexionados para neutralizar a lordose lombar, reduzir a tensão no músculo psoas maior e diminuir o envolvimento da musculatura flexora da coxa. Segundo Sundstrup et al. (2012), o aumento da atividade dos músculos RF ou iliopsoas nos exercícios abdominais provocará maior tração e força de cisalhamento na região lombar da coluna, não sendo indicado para pessoas com dor lombar ou instabilidade lombar em geral.

A ativação do músculo RF durante os dois exercícios não apresentou diferenças significativas. Apesar do curto tempo de familiarização com o exercício nas superfícies instáveis, o que poderia aumentar o nível de dificuldade e proporcionar maior ativação elétrica dos músculos estabilizadores da pelve como o RF (HILDENBRAND; NOBLE, 2004), a ativação deste músculo em ambos os exercícios se manteve em baixos índices, o que

pode ser relacionado à sustentação dos membros inferiores e a consequente estabilização da pelve devido à fixação dos pés com os joelhos e coxas em flexão de 90° graus (MORAES, 2009). Ambos exercícios abdominais foram eficazes na redução da atividade dos músculos flexores da coxa, não acarretando em um fator prejudicial.

Escamilla et al. (2010) classificaram o nível de atividade muscular em baixa (0% a 20% CIVM), moderada (21% a 40% CIVM), alta (41% a 60% CIVM) e muito alta (acima de 60% CIVM). Os exercícios que produzem ativação muscular maior que 60% da CIVM podem ser direcionados para o treinamento de força muscular, enquanto que exercícios que proporcionam uma ativação muscular menor que 20% trabalham o desenvolvimento da resistência muscular.

Na presente pesquisa foi observado recrutamento alto e muito alto dos músculos RAS e RAI, ativação moderada dos músculos OE e OI e ativação baixa do RF. Desta forma, os resultados deste trabalho indicam que para os músculos RAS e RAI, estes exercícios podem ser recomendados para o treinamento de força. Deve-se ressaltar que a amostra foi composta por indivíduos fisicamente ativos e com experiência em treinamento resistido e exercícios específicos para músculos abdominais, ou seja, em indivíduos que possuem menor tempo e nível de treinamento, estes exercícios isoladamente podem produzir maior nível de sobrecarga, sendo importante respeitar o princípio da individualidade biológica na prescrição destes exercícios.

Dessa forma, os achados do presente estudo discordam com as afirmações de Saeterbakken & Fimland (2013a) e Saeterbakken & Fimland (2013b), de que, apesar das superfícies instáveis proporcionarem maiores exigências de estabilização em diferentes exercícios, estas não fornecem sobrecarga adequada para o treinamento de força, potência e hipertrofia. Os resultados do presente trabalho demonstram que dependendo do músculo, exercício e tipo de instabilidade, a utilização de superfície instável pode proporcionar estímulo suficiente para treinamento de hipertrofia e força.

Imai et al. (2010) compararam a atividade elétrica bilateral dos músculos RA, OE e transversos do abdome (TA) durante a realização do exercício tradicional com e sem *bosu*, os quais demonstraram atividade significativamente maior no OE e menor no TA com a utilização do *bosu* em comparação com tradicional. Na presente pesquisa não foi utilizado o exercício tradicional sem *bosu*, tornando difícil a comparação e discussão desses resultados. Todavia, deve-se ressaltar a importância de comparar o efeito do recrutamento dos músculos abdominais com a utilização do *bosu* normal e invertido, proporcionando dados que possam direcionar programas de fortalecimento muscular, reabilitação e propriocepção. Além disso,

sugere-se que novos estudos avaliem o nível de sobrecarga na coluna vertebral durante os exercícios abdominais com *bosu*, além de comparar a utilização deste equipamento com outras superfícies instáveis (bola de ginástica).

No presente estudo foi utilizado um grupo de voluntários do gênero masculino, relativamente jovens, saudáveis, fisicamente ativos e sem históricos de dores na região lombar, portanto, os resultados devem ser aplicados com precauções para diferentes populações, tornando-se um fator limitante deste trabalho. Futuros estudos podem realizar comparações da atividade eletromiográfica em grupos distintos como idosos, sedentários ou sujeitos com lombalgia.

CONCLUSÃO

A atividade eletromiográfica dos músculos RAS e RAI foi significativamente maior no exercício abdominal com *bosu* normal em comparação com *bosu* invertido. O exercício abdominal com *bosu* é eficaz no recrutamento do músculo RA como um todo e na redução da atividade dos músculos flexores da coxa.

Portanto, a utilização do *bosu* nos exercícios abdominais pode ser um fator desejável e necessário em estágios específicos de programas de reabilitação e/ou treinamento físico devido a maior instabilidade na realização do exercício, no entanto, recomenda-se a escolha do *bosu* normal para aumentar o recrutamento dos músculos abdominais.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. **Análise eletromiográfica e do lactato sanguíneo em exercício resistido incremental**. 2006. 146f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2006.

BANKOFF, A. D. P.; **Morfologia e Cinesiologia: Aplicada ao Movimento Humano**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

BASMAJIAN J.V., DE LUCA C.J. **Muscles alive: their function revealed by electromyography**. 5. ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1985.

BEHM, D. G.; DRINKWATER, E. J.; WILLARDSON, J. M.; COWLEY, P. M. The use of instability to train the core musculature. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 35, p. 91–108, 2010.

BROWN, L. E. **Treinamento de força /National Strength and Conditioning Association**. Barueri: Manole, 2008.

DA FONSECA, J. L.; MAGINI, M.; GLADWELL, T. H. F. Laboratory gait analysis in patients with low back pain before and after a Pilates intervention. **Journal of Sport Rehabilitation**, v. 18, p. 269-282, 2009.

DE LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 13, n. 2, p. 135-163, 1997.

ESCAMILLA, R. F.; LEWIS, C.; BELL, D.; BRAMBLET, G.; DAFFRON, J.; LAMBERT, S. et al. Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 5, p. 265-276, 2010.

GARCÍA-VAQUERO, M.P.; MORESIDE, J. M.; BRONTONS-GIL, E.; PECO-GONZÁLEZ, N.; VERA-GARCIA, F. J.; Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. **Journal of Electromyography & Kinesiology**, v. 22, p. 398–406, 2012.

GOTTSCHALL, J. S.; MILLS, J.; HASTINGS, B. Integration core exercises elicit greater muscle activation than isolation exercises. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 590-596, 2013.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. **Bases Biomecânicas do movimento humano**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2012..

HERMENS, H. J.; FRERIKS, B. **The SENIAM cd-rom: European recommendations for surface electromyography**. Netherlands: Roessingh Research and Development, 1999. 1 CD.

HIBBS, A. E.; THOMPSON, K. G.; FRENCH, D. N.; HODGSON, D.; SPEARS, I. R. Peak and average rectified EMG measures: Which method of data reduction should be used for assessing core training exercises? **Journal of Electromyography & Kinesiology**, v. 21, p. 102-111, 2011.

HILDENBRAND, K.; NOBLE, L. Abdominal muscle activity while performing trunk-flexion exercises using the Ab Roller, Abslide, Fitball, and Conventionally performed trunk curls. **Journal of Athletic Training**, v. 39, n. 1, p. 37-43, 2004.

IMAI, A.; KANEOKA, K.; OKUBO, Y.; SHIINA, I.; TATSUMURA, M.; IZUMI, S.; SHIRAKI, H. Trunk Muscle Activity During Lumbar Stabilization Exercises on Both a Stable and Unstable Surface. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 40, n. 6, p. 369-375, 2010.

KANG, H.; JUNG, J.; YU, J. Comparison of trunk muscle activity during bridging exercises using a sling in patients with low back pain. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 11, p. 510-515, 2012.

KIM, M. J.; OH, D. W.; PARK, H. J. Integrating arm movement into bridge exercise: Effect on EMG activity of selected trunk muscles. **Journal of Electromyography & Kinesiology**, v. 23, p. 1119-1123, 2013.

KONRAD, P. **The ABC of EMG: A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography**. Noraxon INC. USA., 2005.

KUBO, K.; KANEHISA, K.; KAWAKAMI, Y.; FUKUNAGA, T. Influence of static stretching on viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. **Journal of Applied Physiology**, v.90, p. 520-527, 2001.

LAUDNER, K. G.; KOSCHNITZKY, M. M. Ankle muscle activation when using the both Sides utilized (bosu) balance trainer. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, p. 218-222, 2010.

MARSHALL, P. W.; DESAI, I. Electromyographic analysis of upper body, lower body, and abdominal muscles during advanced Swiss ball exercises. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 6, p. 1537-1545, 2010.

MONFORT-PAÑEGO, M.; VERA-GARCÍA, F. J.; SÁNCHEZ-ZURIAGA, D.; SANTI-MARTINÉZ, M. A. Electromyographic studies in abdominal exercises: a literature synthesis. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 32, p. 232-244, 2009.

MORAES, A. C.; PINTO, R. S.; VALAMATOS, M. J.; CORREIA, P. L. P.; OKANO, A. H.; SANTOS, P. M.; CABRO, J. M. EMG activation of abdominal muscles in the crunch exercise performed with different external loads. **Physical Therapy in Sport Journal**, v. 10, n. 2, p. 57-62, 2009.

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.

REIS, R. B. S. **Implementação de um sistema embarcado para miofeedback**. 2013. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SAETERBAKKEN, A. H.; FIMLAND, M. S. Muscle force output and electromyographic activity in squats with various unstable surfaces. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, p. 130–136, 2013.

SAETERBAKKEN, A. H.; FIMLAND, M. S. Electromyographic activity and 6rm strength in bench press on stable and unstable surfaces. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v, 27, n. 4, p. 1101–1107, 2013.

SUNDSTRUP, E.; JAKOBSEN, M. D.; ANDERSEN, C. H.; JAY, K.; ANDERSEN, L. L. Swiss ball abdominal crunch with added elastic resistance is an effective alternative to training machines. **International Journal of Sports Physical Therapy**, v.7, n. 4, p. 372-380, 2012.

TAN, S.; CAO, L.; SCHOENFISCH, W.; WANG, J. Investigation of Core Muscle Function through Electromyography Activities in Healthy Young Men. **Journal of Exercise Physiologyonline**, v. 16, p. 45-52, 2013.

VAZ, M. A.; GUIMARÃES A. C. S.; CAMPOS, M. I. Análise de Exercícios Abdominais: Um Estudo Biomecânico e Eletromiográfico. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**, Taguatinga, v. 5, n. 4, p. 18-40,1991.

YODAS, J. W.; GUCK, B. R.; HEBRINK, R. C.; RUGOTZKE, J. D.; MADSON, T. J.; HOLLMAN, J. H.; Electromyographic analysis of the ab-slide exercise, abdominal crunch, supine double leg thrust, and side bridge in healthy young adults: implications for rehabilitation professionals. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 6, p. 1939-1946, 2008.