

Atividade eletromiográfica durante exercícios de estabilização dinâmica do tronco

Electromyographic activity during dynamic trunk stabilization exercises

Paula Carneiro Silva de Araújo¹, Kátia Nunes Sá²

¹Graduada em Fisioterapia; ²Fisioterapeuta, Doutoranda em Medicina e Saúde Humana, Professora da Cinesiologia e Biomecânica da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, Fundação Bahiana para o Desenvolvimento das Ciências, Salvador, Bahia, Brasil.

Resumo

O objetivo deste estudo foi o de caracterizar a atividade muscular estabilizadora do reto, oblíquo e transverso abdominal nas diferentes posições do membro inferior em exercícios de fortalecimento abdominal. Participaram da pesquisa trinta indivíduos hígidos, sem história de distúrbios neuromusculares, ortopédicos ou cardiovasculares, com faixa etária de 21 a 27 anos (24,23 ± 1,92). Os participantes foram instruídos a realizar exercícios de estabilização dinâmica de tronco em três diferentes posições do membro inferior, nos quais a atividade elétrica dos músculos abdominais foi analisada utilizando-se o biofeedback de superfície no músculo reto abdominal e no oblíquo externo, além de biofeedback pressórico na região lombar, simultaneamente. Com os membros inferiores em flexão de quadril e joelho, com pés apoiados no solo, e flexão de quadril e joelho em 90°, sem apoio, foi observada a atividade similar da musculatura flexora de tronco, com aumento proporcional da atividade eletromiográfica, de acordo com o aumento do nível de dificuldade do exercício, sem alteração significativa da musculatura profunda. Porém, com os membros inferiores em flexão de quadril e joelho em 90°, apoiados em uma superfície, foi observada uma redução da atividade dos músculos reto abdominal e oblíquo externo, quando comparada com a de outros exercícios, com resultado eletromiográfico significativo do transverso abdominal. Os resultados encontrados sugerem que, no exercício com os membros inferiores em flexão de quadril e joelho, com pés apoiados no solo, e flexão de quadril e joelho em 90°, sem apoio, existe um predomínio no recrutamento do sistema muscular global, enquanto que no exercício com os membros inferiores em flexão de quadril e joelho em 90°, apoiados em uma superfície, foi observada uma melhor atuação do sistema muscular local.

Palavras-chave: Estabilização. Exercícios abdominais. EMG. Transverso abdominal. Biofeedback.

Abstract

The objective of research was to characterize muscle activity the transverse, rectus abdominal and abdominal oblique external muscular stabilization activities during abdominal exercises strengthening of those muscles in different positions of inferior limbs. Thirty healthy persons, in between 21 and 27 years old (24,23 ± 1,92) without disturbances of neuromuscular, orthopedic, or cardiovascular conditions were instructed how to perform trunk dynamic stabilization exercises in 3 different positions of inferior limbs. Electric activity of abdominal muscles was evaluated by surface electromyographic of the rectus abdominal and abdominal oblique external and a pressoric biofeedback in the back, simultaneously. In inferior members in hip/knees on flexion with feet supported on the ground and hip/knees 90° flexion without support it was observed similar activity of barrel flexor musculature resulting on a proportional swell of eletromyographic activity according to the exercise difficulty level, without expressive alteration of deep musculature. However, it was observed that the inferior members in hip/knees 90° flexion with a surface supported had a reduction of the abdominal rectus and external oblique muscle activity when compared to the others exercises, which results on significative eletromyographic transversus abdominis. The results founded inspire that the inferior members exercise doing hip/knees flexion with feet supported on the ground and hip/knees 90° without support, have global muscular system recruitment predominance, while inferior members exercise on hip/knees 90° flexure supported on a surface was observed a better performance of the local muscular system.

Key Words: Stability. Abdominal exercises. EMG. Transversus abdominis. Biofeedback.

INTRODUÇÃO

As atividades de vida diária solicitam constantemente o corpo do ponto de vista biomecânico. Apesar de cargas mecânicas serem vitais para a remodelagem tecidual fisiológica, seu excesso ou carência podem estar relacionados ao aumento da tensão mecânica

sobre o tecido contrátil e não-contrátil, provocando microtraumas repetitivos, instabilidade segmentar, biomecânica anormal e lesão¹. O atraso na contração de musculaturas específicas responsáveis pela estabilização central do corpo pode afetar a unidade funcional integrada, reduzindo a capacidade de oferecer estabilização de forma dinâmica contra as forças anormais. Com a redução da eficiência neuromuscular, padrões compensatórios e de substituição, bem como a

Recebido em 17 de março de 2011; revisado em 20 de abril de 2011.
Correspondência / Correspondence: Paula Carneiro Silva de Araújo.
Rua Haeckel José de Almeida. Condomínio Vale Jaguaribe, Rua G, n. 84, Piatã, Salvador, BA. Tel.: (71) 3367-9276; E-mail: paula84_carneiro@hotmail.com.

má postura, podem aparecer durante as atividades funcionais.²

O modelo clínico que envolve a interação dos estabilizadores estáticos (vértebras, cápsulas e discos), dinâmicos (músculos e tendões) e o sistema neuromuscular (proprioceptores), para o equilíbrio mecânico da coluna lombar, conceitua a técnica de estabilização vertebral, que utiliza músculos específicos do tronco para proteger as estruturas articulares e neurais.^{3,4,5}

A musculatura do tronco pode ser dividida em músculos locais e globais. No sistema muscular local, estão incluídos músculos profundos, capazes de manter a relação intervertebral dos segmentos espinhais e a postura da coluna lombar. O transverso abdominal, responsável pelo controle da pressão intrabdômica, bem como os multifídios e o oblíquo interno fazem parte desse sistema. Já o sistema muscular global, compreende músculos maiores e de caráter superficial, incluindo o reto abdominal, o oblíquo externo e o longuíssimo do tórax.^{5,6}

O fortalecimento da musculatura abdominal através do sistema de estabilização dinâmica é frequentemente utilizado como recurso para prevenção, tratamento e reabilitação da coluna lombar. Esses exercícios visam a promover a eficiência muscular necessária para estabilizar a coluna contra as perturbações associadas ao movimento e atividades diárias, enfatizando a adequada sequência de ativação muscular, posicionamento biomecânico adequado, ativação sinérgica dos músculos, restauração da força e *endurance* para ajustar a estabilidade do tronco.⁷

Muitos estudos têm usado o *biofeedback* de superfície e pressórico para investigar a estabilização muscular abdominal no controle da coluna em indivíduos com dor lombar decorrente de instabilidades presentes nesse segmento. O *biofeedback* eletromiográfico (EMG) é um procedimento terapêutico que utiliza instrumentos eletrônicos para medir, processar e retroalimentar a informação da atividade elétrica associada à contração muscular. Além do *biofeedback* eletromiográfico, há outros tipos de unidades de *biofeedback* também disponíveis, dentre eles o *biofeedback* pressórico, que permite fornecer informações do sistema de músculos profundos sobre o movimento corporal durante o exercício.⁸

Uma vez que a prescrição de exercícios terapêuticos envolvendo a estabilização de tronco pode fornecer bases de cinética funcional para a reabilitação de problemas específicos, o presente estudo tem como objetivo caracterizar a atividade eletromiográfica do reto, oblíquo externo e transversos abdominais durante exercícios de estabilização dinâmica do tronco em diferentes posições do membro inferior, descrevendo as variações eletromiográficas e pressóricas durante a ativação dos três músculos em diferentes exercícios.

METODOLOGIA

Trata-se de estudo empírico, realizado em uma clínica de fisioterapia, nos meses de maio a junho de 2006, com amostragem de conveniência, em Salvador (BA), Brasil. Este estudo revisou três exercícios de fortalecimento abdominal, envolvendo o reto abdominal, o oblíquo externo e o transversos abdominais, com o uso do *Biofeedback* de superfície e o *Biofeedback* pressórico.

A amostra foi composta por 30 participantes hígidos, sendo 14 do sexo feminino e 16 do sexo masculino, com idade entre 21 e 27 anos, selecionados entre as pessoas que convivem com a autora (Tabela 1). Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: indivíduo saudável, sem história de dor lombar, praticante ou não de atividade física, pertencente ao grupo etário citado anteriormente. Como critérios de exclusão, foram definidos: pessoa com história prévia de distúrbios neuromusculares, ortopédicos ou cardiovasculares, mulheres com história de gravidez e indivíduos que realizaram cirurgia abdominal ou na coluna vertebral.

A coleta dos dados foi realizada em uma clínica de fisioterapia, e cada participante do grupo selecionado foi submetido a uma avaliação física, para verificação de idade, altura, peso, prática de atividade física regular, presença ou não de queixas álgicas e patologias anteriores. Os participantes foram orientados a esvaziar a bexiga antes da execução do movimento e não realizar exercícios abdominais no dia anterior e no dia da coleta.

A altura foi mensurada com um estadiômetro Personal da marca AMB, e o peso foi verificado por uma balança digital da marca Britânia. Posteriormente, esses participantes receberam orientações sobre o correto posicionamento e a realização de cada exercício abdominal, para que, só assim, pudessem realizar a atividade proposta pelo pesquisador.

Os participantes realizaram uma série de 10 repetições de cada exercício com um tempo mínimo de descanso de um minuto aproximadamente entre cada movimento, com o pesquisador verificando a variação dos sinais eletromiográficos e de pressão do manômetro da bolsa pressórica durante a 1ª, a 5ª e a 10ª repetição. A ordem dos exercícios selecionados foi randomizada: cada contração máxima foi sustentada por cinco segundos e, após as dez repetições realizadas, a média da atividade eletromiográfica obtida de cada músculo foi utilizada para determinar a contração voluntária máxima (MVC) em cada músculo e em cada exercício (Tabela 2).

Primeiramente, foi realizado o exercício 1, seguido do 2 e do 3, para que fossem analisados os valores de contração voluntária máxima do reto abdominal e oblíquo externo e o nível de estabilização do transversos abdominais nas diferentes posições do



Figura 1- Biofeedback Eletromiográfico



Figura 3- Posicionamento dos eletrodos na região abdominal.



Figura 2- Biofeedback de Pressão

membro inferior. Realizada a coleta de dados, foi calculada a média aritmética dos valores registrados para possibilitar a análise. Esses dados foram utilizados como base para determinar o valor de contração voluntária da musculatura abdominal durante a realização de exercícios direcionados de fortalecimento abdominal.

Antes da sessão inicial, os participantes foram informados sobre o objetivo da pesquisa e assinaram o termo de adesão livre e esclarecido, obedecendo ao Decreto-lei 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, concordando em seguir todas as orientações do pesquisador para realização do estudo. Foi garantido o sigilo dos dados, sem identificação dos sujeitos na pesquisa, não se oferecendo, dessa maneira, qualquer risco ou prejuízo ao participante.

Para a análise eletromiográfica, foi utilizado um módulo de aquisição de sinais biológicos, marca Chattanooga EMG IR Retrainer (Figura 1), e, para aquisição e processamento dos sinais eletromio-

gráficos, utilizou-se o software Package (aplicativo para aquisição de dados que permite a aquisição de sinais, armazenamento em arquivos e manipulação dos dados gravados). O *Biofeedback* de Superfície apresentava dimensões de 84mm x 91mm x 45mm, dois eletrodos ativados individualmente, gama de frequências de 15 Hz a 300 Hz, sensibilidade de entrada <0,08 uV Root Mean Square (raiz quadrada da média) e impedância de entrada > 1.000.000 Ohm.

Os dados obtidos através do movimento executado foram reproduzidos pelo *notebook* da marca Compaq, através de um sistema de infravermelho, sendo possível, então, visualizar os traços eletromiográficos do músculo analisado. Para a realização da coleta, a função do aparelho foi fixada no Alvo Máximo, ou seja, o Alvo do exercício estava fixado a uma porcentagem de esforço muscular máximo do participante.

O *Biofeedback* de Pressão utilizado foi da marca *Stabilizer Pressure-Biofeedback*, que consiste de um transdutor pressórico com três bolsas infláveis, um cateter e um manômetro-pêra (Figura 2). A bolsa de pressão possui dimensões de 16,7cm X 24cm, e o manômetro varia de 0-200 mmHg, graduado de 2 em 2 mmHg, na qual alterações no posicionamento da coluna lombar estarão diretamente relacionadas com a modificação da pressão registrada no manômetro. A bolsa pressórica foi posicionada sob a coluna lombar, com a região inferior do *Stabilizer* posicionada acima da espinha ilíaca pósterio-superior e com pressão mantida em 40 mmHg, adequada para a pressão de repouso da bolsa pneumática. Antes do início do exercício, foi verificado se existiam alterações no peso

Tabela 1- Caracterização da amostra

Características	Média (desvio padrão)	Varição (mínimo e máximo)
IDADE (anos)	24,2 ± 1,9	21 -27
PESO (quilogramas)	73 ± 15,4	49-101
ALTURA (centímetros)	173,4 ± 11,4	154-197
PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA (frequência semanal)	-	0-5

do corpo na bolsa de qualquer uma das três divisões, pois isso poderia acarretar alterações no registro de pressão no manômetro, ou seja, um aumento da lordose lombar reduz a pressão do manômetro, assim como a redução da lordose provoca aumento da pressão do manômetro.^{9,10}

Durante a realização dos exercícios, dados eletromiográficos (potencial de ação das unidades motoras e sinais eletromagnéticos externos) estavam sendo registrados pelo *Biofeedback* de superfície e *Biofeedback* de pressão. Antes de serem analisados, os dados da eletromiografia de superfície passaram por uma série de processamentos, com o objetivo de minimizar interferências de outras fontes que não o campo eletromagnético externo e de permitir a quantificação do sinal eletromiográfico.

Esses dados passaram por uma filtragem do sinal e, posteriormente, esses sinais foram retificados através do Root Mean Square, no qual todos os potenciais elétricos negativos foram transformados em positivos, para que fosse possível a quantificação dos sinais registrados, ou seja, as informações relacionadas à amplitude da atividade muscular representando a quantidade de energia gasta para realização de uma determinada contração.¹¹

Para coleta dos sinais eletromiográficos, foi realizada uma tricotomia local da parede abdominal à direita e limpeza da pele com álcool etílico a 70%. Logo após, pares de eletrodos descartáveis de superfície, de cloreto de prata da marca Red Dot™ 2237, foram dispostos unilateralmente à direita sobre o segmento muscular do reto abdominal e oblíquo externo, na qual o eletrodo foi firmemente fixado no local com esparadrapo, pois o movimento sobre a pele poderia causar interferência.

Nessa configuração, quatro eletrodos foram colocados no local de interesse perpendicularmente à fibra muscular, entre o ponto motor e o tendão distal, três centímetros lateralmente à cicatriz umbilical (reto abdominal) e na metade do caminho entre a espinha ilíaca ântero-superior e a borda inferior da caixa torácica à direita (oblíquo externo). Mais especificamente, em um ângulo oblíquo, paralelamente às fibras musculares subjacentes, sendo o espaço entre eletrodos de dois centímetros, ocupando cada eletrodo um centímetro quadrado de área. E um terceiro modo de referência, denominado eletrodo neutro, foi colocado um pouco afastado dos outros eletrodos, numa proeminência óssea (espinha ilíaca ântero-superior e 10ª costela), que, por ser um tecido eletricamente inativo, neutraliza sinais eletromagnéticos externos que possam interferir no processo de registro dos potenciais de ação das unidades motoras (Figura 3). Na região lombar, na espinha ilíaca pósterio-superior, foi colocado o *biofeedback* pressórico, para mensurar a atividade do transversos abdominal.

Antes de iniciar os exercícios, os participantes foram posicionados em decúbito dorsal e orientados a encontrar a posição de zona neutra da coluna lombar com auxílio do *biofeedback* pressórico, realizando movimentos de ante e retroversão pélvica até encontrar uma posição confortável e que fosse compatível com a pressão de 40 mmHg. Durante os exercícios, os participantes realizaram contração isotônica excêntrica e concêntrica da musculatura do reto abdominal e do oblíquo externo, e isométrica do transversos do abdômen, seguindo as seguintes orientações: inspire, expire lentamente erguendo seu tronco em pequena amplitude, até retirar o ângulo inferior das escápulas do contato com o chão, realizando abaixamento do esterno, aproximação das costelas e levando o umbigo em direção as costas, retornando à posição inicial para uma nova inspiração. Durante esse movimento, a pressão do manômetro tinha de permanecer em 40 mmHg.

Na estatística descritiva, foi calculada a média e a mediana como medida de tendência central e o valor mínimo e máximo para peso, altura e idade. Para as variáveis sexo e prática de atividade física semanal, valores absolutos e percentuais foram calculados. Em virtude de as variáveis de estudo apresentarem distribuição não-normal (Kolmogorov-Smirnov), optou-se por utilizar testes não-paramétricos, sendo o banco de dados criado no Excel 2000 e analisado no software R 2.3.1, onde foram realizadas as correções dos dados digitados, com o objetivo de eliminar possíveis erros ou inconsistência.

Foi utilizado o teste de Friedman para as análises bivariadas, seguido pelo teste de Wilcoxon para análise das variáveis duas a duas, sempre que necessário. O intervalo de confiança admitido foi de 95% para um poder estatístico de 80%, com o valor de $p < 0,05$; porém, nas comparações duas a duas, o nível de significância foi determinado com a correção de Bonferroni (α/k ; $0,05/3$; $p < 0,017$). As informações serão apresentadas em tabelas e gráficos, de modo a permitir uma melhor visualização e interpretação dos dados encontrados no estudo.

RESULTADOS

Trinta pacientes fizeram parte deste estudo, sendo 16 (dezesesseis) do sexo masculino e 14 (quatorze) do sexo feminino. A idade variou de 21 a 27 anos, com média de 24,23 anos e desvio padrão de 1,92. O peso variou de 49 Kg a 101Kg, com média de 73,07 Kg e desvio padrão de 15,49. A altura teve variação entre 154 e 197 cm, com média de 173,4 cm e desvio padrão de 11,40.

Durante a realização do exercício 1, dos 30 indivíduos analisados (100%), 24 (80%) apresentaram um maior recrutamento muscular do reto abdominal e seis (20%) do oblíquo externo. Com relação à atividade do transversos abdominal, nenhum indivíduo conseguiu

Tabela 2 - Média da contração máxima voluntária (MVC) durante fase concêntrica e excêntrica

MÚSCULO (média das variações)	EXERCÍCIO 1	EXERCÍCIO 2	EXERCÍCIO 3	VALOR DE P
RETO ABDOMINAL	207,7 ± 135,8	180,8 ± 8,4	323,2 ± 205,1	0.000
OBLÍQUO EXTERNO	86,1 ± 66,5	69,8 ± 58	220,6 ± 45,1	0.000
TRANSVERSO ABDOMINAL	62,7 ± 8,2	20,2 ± 8,9	21,5 ± 8,7	0.512

manter o controle muscular durante toda série de exercícios abdominais.

Durante a realização do exercício 2, 23 indivíduos (76,7%) apresentaram um maior recrutamento muscular do reto abdominal e cinco (16,7%) do oblíquo externo. Já em relação ao controle do transversos abdominal, dois (6,7%) indivíduos conseguiram manter o controle muscular durante toda série de exercícios abdominais, pois essa posição proporcionou uma melhor estabilização lombar.

Durante a realização do exercício 3, sete (23,3%) sujeitos apresentaram maior recrutamento muscular do oblíquo externo e 23 (76,7%) do reto abdominal. Com relação ao controle do transversos abdominal, pôde ser observado que nenhum indivíduo conseguiu manter o controle muscular durante toda série de exercícios abdominais.

Entre os sujeitos não-praticantes de atividade física, foi observada uma maior atividade do reto abdominal nos três exercícios propostos, sendo que, no exercício 1 e 3, a segunda maior atividade muscular foi a do oblíquo abdominal, e, no exercício 2, do transversos. Dos 21 (100%) indivíduos analisados não-praticantes de atividade física, 19 (90,5%) apresentaram maior contração muscular do reto e oblíquo abdominal durante a execução das repetições e apenas dois (9,5%) indivíduos mantiveram o controle do transversos abdominal durante todas as repetições. Entre os praticantes de atividade física, foi observada uma maior atividade do reto abdominal nos três exercícios propostos, sendo que, no exercício 1 e 3, a segunda maior atividade muscular foi a do oblíquo abdominal, e, no exercício 2, do transversos. Os nove (100%) indivíduos analisados praticantes de atividade física apresentaram atividade contrátil do reto e oblíquo abdominal durante a execução das repetições, sem controle muscular do transversos abdominal.

Em relação ao sexo, dos 16 indivíduos do sexo masculino (100%), 13 (81,2%) apresentaram uma maior atividade do reto abdominal no exercício 1, e 12 indivíduos (75%) no exercício 2 e 3. Na atividade do oblíquo externo, três indivíduos (18,8%) apresentaram atividade no exercício 1, dois indivíduos (12,5%) no exercício 2 e quatro indivíduos (25%) no exercício 3. Desse grupo, apenas dois indivíduos (12,5%)

apresentaram ativação do transversos abdominal, registrada no exercício 2.

Nos indivíduos do sexo feminino, dos 14 indivíduos analisados (100%), 11 (78,8%) apresentaram maior atividade do reto abdominal e três (21,2%) do oblíquo externo nos três exercícios, sendo que nenhum integrante desse grupo apresentou atividade muscular do transversos abdominal.

A atividade do reto abdominal analisada nos diferentes exercícios apresenta um valor de $p < 0,001$, mostrando uma maior atividade desse músculo no exercício 3, seguido do 1 e do 2. A atividade do oblíquo externo apresentou um valor significativo ($p < 0,001$), com uma maior atividade no exercício 3, seguido do exercício 1 e 2. Já as atividades do transversos abdominal, quando relacionadas nos três exercícios, não apresentaram valor significativo ($p = 0,512$).

DISCUSSÃO

A amplitude de ativação registrada nos três exercícios demonstrou resultados estatisticamente significativos na relação músculo-exercício e músculo-músculo. O resultado apresentado evidenciou que os três músculos foram recrutados em diferentes proporções para a realização do movimento. A comparação entre exercícios e entre músculos mostrou onde essas diferenças ocorrem, clareando a estratégia motora que foi utilizada para a realização do exercício.¹²

O valor significativo encontrado a respeito da atividade muscular no exercício 1 foi um maior recrutamento do reto abdominal e oblíquo externo, com valor insignificante do transversos abdominal. O achado sugere que o reto abdominal e o oblíquo externo trabalham simultaneamente para prover a flexão anterior do tronco, estabilizando tronco e pélvis, e é consistente com os achados de outros autores, segundo os quais a musculatura abdominal possui ação conjunta durante vários exercícios de tronco.¹²

Como resultado da ligação direta da musculatura do tronco com a fáscia tóracolombar, o oblíquo externo estabiliza efetivamente a coluna, prevenindo rotações médio-laterais¹². Por outro lado, o reto abdominal, por apresentar uma configuração longitudinal, promove uma melhor estabilização antero-posterior do movi-

mento da pélvis e menor estabilização no movimento de rotação médio-lateral. Dessa maneira, essas musculaturas, pelo mecanismo de co-contracção, mantém a pélvis em posição neutra e o segmento espinhal centralizado, controlando forças externas prejudiciais.¹²

Em um artigo relacionando a atividade muscular do transverso abdominal e a estabilização dos segmentos espinhais, mostrou-se que a atividade específica desse músculo está diretamente relacionada com a magnitude de força, não estando, portanto, significativamente ativo em situações onde a força é desprezível e improvável para “perturbar” a coluna¹³. Esse mecanismo explica a reduzida atuação do transverso abdominal nesse exercício, uma vez que essa posição proporciona estabilidade e alinhamento segmentar.

Uma explicação viável para entender a atividade equivalente dos três músculos abdominais nesse exercício é que, nessa posição, a pélvis apresenta um posicionamento biomecânico mais estável, reduzindo seu movimento durante a execução do exercício. E ainda que o indivíduo pode ter utilizado a musculatura flexora de joelho para auxiliar na estabilização da pélvis e reduzir a atividade das musculaturas envolvidas no exercício. Dessa maneira, menos oscilações na bolsa pressórica serão produzidas, proporcionando controle motor mais adequado, com ativação conjunta de estabilizadores superficiais e profundos.¹⁰

Durante o exercício 2, atividades eletromiográficas significativas foram observadas no reto e transverso abdominal, quando comparadas às do oblíquo externo. Uma possibilidade para explicar o resultado encontrado está baseada no conceito de contracção muscular, segundo a qual, quando uma contracção voluntária leve se inicia, os potenciais de ação resultantes são avaliados pela forma, tipo histológico, tamanho, duração e taxa de disparo do músculo. Como o reto e o transverso abdominal apresentam um tamanho superior em relação ao oblíquo abdominal, contrações mais intensas estão presentes no reto e no transverso abdominal e não no oblíquo externo.¹⁴

Através da atividade eletromiográfica da musculatura do tronco, têm sido mostrado que os músculos não trabalham simplesmente como iniciadores do movimento da coluna, mas mostram atividade antagonista durante vários movimentos. O oblíquo abdominal é mais ativado para antecipar a estabilização do tronco, em situações mais desafiadoras¹⁵. Esse dado pode explicar o aumento da atividade muscular específica nesse exercício, quando comparado ao dos exercícios 1 e 2.¹⁶

Em estudo realizado recentemente, foi encontrado que mudanças no posicionamento dos membros inferiores alteravam a atividade contráctil do reto e do oblíquo abdominal¹⁷. Na posição em que os

membros se encontravam sem apoio, ambos, reto e oblíquo abdominal, apresentaram resultados bastante significativos, com ativação muscular maior do que nos outros exercícios selecionados, e atividade do transverso abdominal. Em um estudo realizado utilizando o *biofeedback* de pressão, demonstrou-se que o mecanismo de lordose lombar favorece alterações de pressão na bolsa, e que o excesso de movimento pélvico está diretamente relacionado à redução da estabilidade lombar^{18,19}. Por isso, tal fato pode explicar a atividade não-significativa do transverso abdominal, uma vez que, nesse exercício, a pélvis se encontra em posição mais instável, permitindo maior amplitude de movimento e controle motor ineficaz.¹⁹

O resultado obtido em outra pesquisa mostra uma correlação com o valor encontrado no presente estudo, porém difere dos dados teóricos apresentados em algumas literaturas. Relata-se que, em movimentos mais elaborados, capazes de promover mecanismos de instabilidade segmentar, a musculatura presente no sistema muscular local é capaz de ativar o sistema de *feedforward*, possibilitando, dessa maneira, a manutenção do relacionamento normal das forças e oferecendo estabilização de forma dinâmica contra as forças anormais.²⁰

Não foram encontrados estudos conclusivos que relacionem a eficácia da realização de exercícios de estabilização dinâmica de tronco em indivíduos praticantes ou não de atividade física. A explicação para os achados deste trabalho parece advir do fato de que sujeitos que não praticam atividade física apresentam uma menor percepção do movimento exato dos segmentos corporais durante a realização dos exercícios, de possuírem também pouca prática na sua execução. Esse fato faz com que esses sujeitos acabem por utilizar formas de compensação durante o trabalho, fazendo com que outros grupos musculares sejam ativados, diminuindo, assim, o recrutamento e a efetividade da contracção na musculatura a ser trabalhada.

No presente estudo, os indivíduos do sexo masculino apresentaram uma média de contracção da musculatura do reto e oblíquo externo maior, quando comparados ao sexo feminino. Já a atividade contráctil do transverso abdominal não demonstrou valor significativo quando relacionada ao sexo em 23,4% casos. Essa relação de maior atividade muscular citada anteriormente no sexo masculino foi também encontrada em outro estudo, podendo ser explicada por diferenças antropométricas entre homens e mulheres, o que permite produção de cargas em diferentes partes do corpo⁶. Outra possibilidade é o fato de que os homens, por possuírem uma força maior do que as mulheres, precisam de uma menor contracção máxima voluntária para atingir a mesma atividade máxima voluntária da mulher.⁶

O fortalecimento da musculatura abdominal tem sido amplamente utilizado para prover estabilização da coluna lombar, pelo mecanismo de ativação do sistema muscular local. Evidências sugerem que padrões de ativação muscular específicos sejam utilizados para realizar a estabilização vertebral por meio de exercícios que inicialmente promovam estratégias de movimentos mais simples.^{21, 22, 23}

Propostas de condicionamento da musculatura abdominal podem prevenir disfunções lombares e realizar o efeito estabilizador desejado²¹. Contudo, alguns desses exercícios recrutam algumas fibras musculares mais do que outras. Por essa razão, através do uso do *biofeedback* pressórico e da eletromiografia com *biofeedback* de superfície, é possível qualificar e quantificar a informação proprioceptiva inerente ao músculo, possibilitando ao profissional de fisioterapia reconhecer se aquele músculo analisado apresenta padrão de recrutamento normal ou alterado e viabilizando, assim, a prescrição de exercícios terapêuticos que reduzam o impacto primário da disfunção lombar.

CONCLUSÃO

Os resultados encontrados neste estudo indicam que, com os membros inferiores em flexão de quadril e joelho, com pés apoiados no solo (exercício 1) e flexão de quadril e joelho em 90° sem apoio (exercício 3), ocorre um recrutamento da musculatura do sistema abdominal global. Por outro lado, no exercício com os membros inferiores em flexão de quadril e joelho em 90°, apoiados em uma superfície (exercício 2), foi observada uma ativação satisfatória do sistema muscular local durante a realização da atividade. Dessa maneira, se o objetivo do programa de reabilitação for o fortalecimento e a reeducação da musculatura profunda do tronco, em contraposição a forças nocivas durante as atividades funcionais, o exercício com os membros inferiores em flexão de quadril e joelho em 90°, apoiados em uma superfície, deve estar incluso no regime dos exercícios propostos como primeira alternativa, seguido do exercício com os membros inferiores apoiados no solo e com os membros inferiores em flexão de quadril e joelho em 90°.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, B. D.; SPECTOR, A. Introduction to pilates-based rehabilitation. *Orthop. Phys. Ther. Clin. N. Am.*, Philadelphia, v. 9, n. 3, p. 395-409, 2000.
- VOIGHT, M. L.; PRENTICE, W. E. Treinamento de estabilização central em reabilitação. In: Clark, M. A. *Técnicas em reabilitação musculoesquelética*. Porto Alegre: Artmed, 2003. p. 245-263.
- MCMEEKEN, J. M. The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. Oxford, v. 19, n. 4, p. 337-342, 2004.
- SÁ, K. Propriocepção da coluna Vertebral. In: Souza, A. *Propriocepção*. São Paulo: Medsi, 2004. p.109-128.
- RICHARDSON, C. et al. *Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain: scientific basis and clinical approach*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1999. p. 11-20.
- AROKOSKI, J. P. et al. Back and abdominal muscle function during stabilization exercises. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* v. 82, n. 8, p.1089-1098, 2001.
- KISNER, C. et al. Introdução ao exercício terapêutico. In:_____. *Exercícios terapêuticos*. Tradução Lilia Breternitz Ribeiro; 1998: p. 3-24.
- PRENTICE, W. E. Biofeedback. In:_____. *Técnicas em reabilitação musculoesquelética*. Tradução Jussara Burnier; Porto Alegre: Artmed, 2004. p.143-50.
- STORHEIM, K. et al. Intra-tester reproducibility of pressure biofeedback in measurement of transversus abdominis function. *Physiother. Res. Int.*, London v. 7, n. 4, p. 239-249, 2002.
- NORRIS, C. M. Spinal Stabilization: an exercise programme to enhance lumbar stabilization. *Physiotherapy*, London, v. 81, n. 3, p. 138-146, 1995.
- OCARINO, J. M. et al. Eletromiografia: interpretação e aplicações nas ciências da reabilitação. *Fisioter. Bras.*, São Paulo, v. 6, n. 4, p. 305-309, 2005.
- SOUZA, G. M.; BAKER, L. L.; POWERS, C. M. Electromyographic activity of selected trunk muscles during dynamic spine stabilization exercises. *Arch. phys. med. rehabil.* Chicago, v. 82, n. 11, p. 1551-1557, 2001..
- HODGES, P. W. Is there a role for transversus abdominis in lumbo-pelvis stability? *Man. Ther.* Edinburgh, v. 4, n. 2, p. 74-86, 1999.
- KONRAD, P.; SCHMITZ, K.; DENNER, A. Neuromuscular evaluation of trunk-training exercises. *J. Athl. Train.*, Dallas, v. 36, n. 2, p. 109-118, 2001. Disponível em: <<http://www.pubmed.com>> Acesso em: 20 abr. 2006.
- MUSCOLINO, J. E.; CIPRIANI, S. Pilates and the “ powerhouse” – II. *J. Bodyw. Mov. Ther.*, New York v. 8, n. 2, p. 122-130, 2004. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em: 13 set. 2005.
- HODGES, P. W.; RICHARDSON, C. A. Transversus abdominis and the superficial abdominal muscles are controlled independently in a postural task. *Neurosci. Lett.* Amsterdam, v. 265, n. 2, p. 91-94, 1999.
- DRYSDALE, C. L.; EARL, J. E.; HERTEL, J. Surface electromyographic activity of the abdominal muscles during pelvic-tilt and abdominal-hollowing exercises. *J. Athl. Train.*, Dallas, v. 39, n. 1, p. 32-36, 2004. Disponível em: <<http://www.pubmed.com.br>> Acesso em: 13 Set. 2005.
- AINSCOUGH-POTTS, A.; MORRISSEY, M. C.; CRITCHLEY, D. The response of the transverse abdominis and internal oblique muscles to different postures. *Man. Ther.*, Edinburgh, v. 11, n. 1, p. 54-60, 2006.
- RICHARDSON, C. A. et al. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine.*, Philadelphia, v. 27, n. 4, p. 399-405, 2002.
- URQUHART, D. M. et al. Abdominal muscle recruitment during a range of voluntary exercises. *Man. Ther.*, Edinburgh, v. 10, n. 2, p. 144-153, 2005.
- CLARK, K. M.; Holt, L. E., SINYARD, J. Electromyographic comparison of the upper and lower rectus abdominis during abdominal exercises. *J. Strength. Cond. Res.*, Lincoln, v. 17, n. 3, p. 475-483, 2003.
- JULL, G. A.; RICHARDSON, C. A. Muscle control- pain control. What exercises would you prescribe? *Man. Ther.*, Edinburgh, v. 1, n. 1, p. 2-10, 1995.
- DAVIDSON, K. L. C., HUBLEY-KOZEY CL. Trunk muscle responses to demands of an exercise progression to improve dynamic spinal stability. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* Chicago, v. 86, n. 2, p. 216-223, 2005.