

Estabilização segmentar da coluna lombar nas lombalgias: uma revisão bibliográfica e um programa de exercícios

Spinal segmental stabilisation in low-back pain: a literature review and an exercise program

Fábio Jorge Renovato França¹, Thomaz Nogueira Burke¹, Daniel Cristiano Claret², Amélia Pasqual Marques³

Estudo desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação do Fofito/ FMUSP – Depto. de Fisioterapia, Fonoaudiologia e Terapia Ocupacional da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

¹ Mestrandos no Programa de Ciências da Reabilitação do Fofito/FMUSP

² Fisioterapeuta Ms.

³ Profa. Livre-Docente do Fofito/ FMUSP

ENDEREÇO PARA
CORRESPONDÊNCIA

Fábio J. R. França
Fofito/FMUSP
Rua Cipotânea 51 Cidade
Universitária
05360-160 São Paulo SP
e-mail: fabiojrf@usp.br

APRESENTAÇÃO
nov. 2006

ACEITO PARA PUBLICAÇÃO
ago. 2007

RESUMO: No tratamento de lombalgias, exercícios tradicionais de fortalecimento dos músculos abdominais e extensores do tronco têm sido alvo de críticas por submeter a coluna vertebral a altas cargas de trabalho, aumentando o risco de nova lesão. Estudos recentes comprovam a eficácia da estabilização segmentar como tratamento para a lombalgia, sendo menos lesiva por ser realizada em posição neutra. Pesquisas sugerem que, sem a ativação correta dos estabilizadores profundos do tronco, as recidivas do quadro álgico são notadas com muita frequência. Este estudo procedeu à revisão da literatura sobre o tratamento das lombalgias mediante estabilização da coluna e propõe exercícios para seu tratamento baseados na estabilização segmentar lombar. Na base PubMed, por meio dos descritores estabilização lombar, multífido lombar, transverso do abdome e os equivalentes em inglês, foram selecionados 47 artigos e livros publicados entre 1984 e 2006. A literatura estabelece um elo entre lombalgia e escasso controle dos músculos profundos do tronco, em especial o multífido lombar e o transverso do abdome; estudos também indicam os músculos quadrado lombar e diafragma como estabilizadores lombares. Propõem-se assim exercícios de contrações isométricas sincronizadas, sutis e específicas, que atuam diretamente no alívio da dor por meio do aumento da estabilidade do segmento vertebral.

DESCRIPTORES: Dor lombar/reabilitação; Terapia por exercício; Multífido lombar; Transverso do abdome; Revisão

ABSTRACT: When treating low-back pain, traditional exercises for strengthening abdomen and trunk erector muscles have been criticised for their submitting spinal structures to high loads, thereby increasing the risk of new injury. Recent studies have pointed to the effectiveness of segmental stabilisation in treating low-back pain, less damaging since it is done in neutral position. Current research suggests that, unless the trunk deep stabilizers are correctly activated, recurrence of pain is more often noticed. This is a review of 47 articles and books published between 1984 and 2006, resulting from a search in PubMed database by means of key words lumbar stabilization, lumbar multifidus and transversus abdominis muscles. Literature has established a link between low-back pain and poor control of deep trunk muscles, particularly the lumbar multifidus and transversus abdominis muscles; some studies also point out the quadratus lumborum and diaphragm muscles as lumbar stabilizers. By drawing on the reviewed material, we suggest exercises of subtle and specific synchronized isometric contractions for these lumbar stabilisers, which act directly upon pain relief by increasing lumbar spine stability.

KEY WORDS: Low-back pain/rehabilitation; Lumbar Multifidus; Transversus Abdominis; Review

INTRODUÇÃO

A lombalgia está hoje presente em todas as nações industrializadas¹. Afeta de 70% a 80% da população adulta em algum momento da vida², com predileção por adultos jovens, em fase ativa³. É uma das causas mais frequentes de atendimento médico, e a segunda causa de afastamento do trabalho⁴. Citam-se como causas processos degenerativos, inflamatórios e alterações congênitas e mecânico-posturais. Estas últimas são responsáveis por grande parte das dores. Nelas ocorre um desequilíbrio entre a carga funcional (esforço requerido para atividades do trabalho e da vida diária) e a capacidade funcional, que é o potencial para a execução².

Um grande número de intervenções fisioterapêuticas tem sido utilizadas, como exercícios aeróbios, de flexão e extensão da coluna para o tronco, realizados com os membros inferiores, de inclinação pélvica, órteses e alongamentos⁵. O exercício realizado em prono com extensão do tronco e dos membros inferiores é contra-indicado, pois há risco de lesão ou recidiva. Nessa tarefa, a região lombar submete-se a carga maior que 4000 N, transferindo-a para as facetas, podendo oprimir o ligamento interespinhoso⁶. A aplicação de terapias passivas superiores a seis semanas, além de ocasionar custos, é pouco eficaz⁷. Mesmo na melhora da dor, é difícil precisar quais características dos exercícios são responsáveis pelo sucesso do tratamento⁸.

Entre as técnicas utilizadas, encontra-se o conceito da estabilização segmentar lombar (ESL), caracterizada por isometria, baixa intensidade e sincronia dos músculos profundos do tronco, com o objetivo de estabilizar a coluna lombar, protegendo sua estrutura do desgaste excessivo⁸. O'Sullivan et al.⁹ observaram que exercícios para o músculo multífido lombar eram efetivos na redução da dor e da disfunção lombar causada por espondilólise ou espondilolistese, mesmo após 30 meses do término do tratamento.

Este trabalho objetivou reunir evidências em ensaios clínicos que de-

monstrem a eficácia da ESL no alívio da dor e na recorrência, além de propor exercícios para os músculos profundos do tronco, em vista da estabilização da coluna lombar, para prevenção e/ou tratamento da lombalgia.

METODOLOGIA

Procedeu-se à busca na base de dados PubMed mediante os descritores estabilização lombar, multífido lombar, transverso do abdome e os correspondentes em inglês *lumbar stabilization*, *lumbar multifidus*, *transversus abdominis*, tendo sido selecionados 47 artigos e livros publicados entre 1984 e 2006. Os principais achados são a seguir comentados discutindo-se a estabilidade da coluna, o papel dos principais músculos em sua estabilização, os mecanismos compensatórios, para, finalmente, propor um programa de exercícios com base nesses achados.

ESTABILIDADE DA COLUNA

Segundo Panjabi¹⁰, a estabilidade da coluna decorre da interação de três sistemas: passivo, ativo e neural. O sistema passivo compõe-se das vértebras, discos intervertebrais, articulações e ligamentos, que fornecem a maior parte da estabilidade pela limitação passiva no final do movimento. O segundo, ativo, constitui-se dos músculos e tendões, que fornecem suporte e rigidez no nível intervertebral, para sustentar forças exercidas no dia-a-dia. Em situações normais, apenas uma pequena quantidade de co-ativação muscular, cerca de 10% da contração máxima, é necessária para a estabilidade. Em um segmento lesado pela frouxidão ligamentar ou pela lesão discal, um pouco mais de co-ativação pode ser necessária. O último sistema, o neural, é composto pelos sistemas nervosos central e periférico, que coordenam a atividade muscular em resposta a forças esperadas ou não, fornecendo assim estabilidade dinâmica. Esse sistema deve ativar os músculos corretos no tempo certo, para proteger a coluna de lesões e permitir o movimento.

Barr et al.¹¹ definiram a estabilidade como um processo dinâmico que inclui posições estáticas e movimento controlado. Isso inclui um alinhamento em posições sustentadas e padrões de movimento que reduzam a tensão tecidual, evitem causas de trauma para as articulações ou tecidos moles, e forneçam ação muscular eficiente.

Bergmark¹² propôs o conceito de vários músculos com diferentes papéis na estabilidade dinâmica. A hipótese é que há dois sistemas atuando na estabilidade. O global consiste de grandes músculos produtores de torque, atuando no tronco e na coluna sem serem diretamente ligados a ela. São eles o reto do abdome (RA), o oblíquo externo (OE) e a parte torácica do iliocostal lombar. Fornecem estabilidade ao tronco, não sendo capazes de influenciar diretamente a coluna. O sistema local é formado por músculos ligados diretamente à vértebra e responsáveis pela estabilidade e controle segmentar. Tais músculos são o multífido lombar (ML), o transverso do abdome (TA) e as fibras posteriores do oblíquo interno (OI). O quadrado lombar (QL) também tem funções estabilizadoras, discutidas abaixo.

Multífido lombar na estabilidade

Os músculos lombares estabilizam o segmento lombar¹². Alguns, contudo, têm um potencial maior e contribuem mais especificamente na estabilidade. Um estudo mostrou que o ML é capaz de fornecer rigidez e controle de movimento na zona neutra¹³. Consiste em pequenos feixes dirigidos do sacro à C2, atingindo seu máximo desenvolvimento na lombar. No sacro, origina-se da superfície posterior e medial da espinha ilíaca pósterio-superior e ligamentos sacroilíacos posteriores. Na inserção, abrange duas a quatro vértebras, inserindo-se no processo espinhoso de uma vértebra acima¹⁴.

Wilke et al.¹⁵ observaram que, próximo à L4-L5, o ML contribui com 2/3 do aumento da rigidez segmentar resultante da contração. Assim, qualquer lesão no segmento pode comprometer

ter a estabilidade¹⁶. Evidenciou-se uma forte relação entre a má funcionalidade do ML e a recorrência da dor após cirurgia discal¹⁷.

Estudos^{16,18,19} mostraram que ocorre uma disfunção do ML após um primeiro episódio de lombalgia unilateral. Uma rápida atrofia no ML foi demonstrada ipsilateralmente ao local de dor por meio de ultra-som¹⁸. Hides *et al.*¹⁶ notaram que a recuperação do ML não ocorre espontaneamente na remissão da dor. Acredita-se que possíveis mecanismos para a atrofia sejam a inibição reflexa ou a inibição da dor via arco reflexo¹⁸. Em virtude dos efeitos indiretos da inibição terem sido vistos na ausência de dor, o mecanismo mais provável foi o reflexo de inibição¹⁹.

Uma das explicações para a alta taxa de recidivas em lombálgicos pode ser o fato de o ML não recuperar o volume mesmo após a redução da dor, comprometendo a estabilidade¹⁶. Hides *et al.*²⁰ mostraram que os exercícios específicos de ESL para o ML podem aumentar seu volume em lombálgicos, diminuindo a atrofia. Nesse estudo, indivíduos com o primeiro episódio de lombalgia unilateral com atrofia do ML foram divididos em grupo controle, recebendo orientação postural e cuidados, e tratados realizando treinamento específico para o ML. Nos dois grupos notaram-se melhoras na dor em quatro semanas. No controle, a área de secção transversa (AST) do ML permaneceu inalterada após quatro semanas, ao passo que, no tratado, a AST voltou aos níveis normais após quatro semanas de tratamento. Um acompanhamento em longo prazo revelou que 84% dos pacientes do controle tiveram recorrência dolorosa em um ano, contrastando com 30% do tratado. Ainda, o controle mostrou nove vezes mais chances de recidiva do que o grupo submetido à ESL, após três anos.

Transverso do abdome como estabilizador

O TA atua primariamente na manutenção da pressão intra-abdominal (PIA), ao conferir tensão à vértebra lombar por meio da fásia toracolom-

bar (FTL)²¹. As fibras do TA correm horizontalmente ao redor do abdome, ligando-se via FTL ao processo transversal de cada vértebra lombar²². O aumento na PIA e na tensão da FTL foi inicialmente atribuído à diminuição da carga na coluna por meio da produção de um momento extensor do tronco²³. Essa teoria foi largamente refutada²⁴ e, subseqüentemente, cresceu a idéia de que a contração do TA pudesse aumentar a estabilização²⁵. McGill e Norman²⁵ sugeriram que a contração do TA cria um cilindro, resultando em rigidez espinhal. Do mesmo modo, espera-se que a tensão lateral por meio do processo transversal da vértebra resulte em limitação da translação e da rotação vertebral²⁶.

Há evidências de que o TA e os músculos profundos lombares são preferencialmente afetados na presença de lombalgia¹⁶, dor lombar crônica²⁷ e instabilidade²⁸. Hodges e Richardson²⁹ observaram que o TA se ativa antes do deltóide na flexão, extensão e abdução do ombro em indivíduos sem lombalgia, demonstrando a antecipação desse músculo na região lombar para os movimentos do membro superior. Em sujeitos lombálgicos, a ativação do TA foi mais lenta que o deltóide nos mesmos movimentos. Notou-se que o RA, OE e OI raramente precediam o movimento do membro. Houve então fortes indicativos de que há diferença de função entre os abdominais superficiais e profundos no sentido da ESL.

O TA tem um papel fundamental na antecipação. Previamente à execução de movimentos gerais, esse músculo ativa-se, evitando perturbações posturais. Essas respostas que antecedem o movimento podem ser pré-programadas pelo sistema nervoso central e iniciadas como parte de um comando motor para a ação.

Hides *et al.* observaram, correlacionando ultra-som e ressonância magnética, que a correta contração do TA melhorava a estabilidade lombar³⁰. Em outro trabalho, a ativação do TA diminuiu significativamente a lassidão sacroilíaca, o que não foi observado quando os outros músculos abdominais se contraíram³¹.

Papel de outros músculos na estabilidade

A estabilidade lombar não depende apenas do ML e TA. Um cilindro de músculos profundos ao redor da coluna fornece estabilidade¹¹. O músculo QL atua como estabilizador lateral lombar da coluna⁶. Como teto, o diafragma é o principal contribuinte para a pressão intra-abdominal. Para que o TA aumente sua tensão na FTL, a atividade do diafragma é requerida para prevenir descolamento da víscera abdominal³². O diafragma contribui para o aumento da PIA previamente ao início de grandes movimentos dos membros, contribuindo para a estabilidade⁴.

Fásia toracolombar

A FTL cobre os músculos profundos lombares e do tronco. Na região lombar a fásia possui três camadas. A posterior é ligada ao processo espinhoso, crista mediana do sacro, e ligamento supra-espinhoso; a média é ligada ao processo transversal e aos ligamentos intertransversais, abaixo da crista ilíaca e acima da borda inferior da décima segunda costela e do ligamento lombocostal; a anterior cobre o QL e é ligada medialmente à face anterior do processo transversal, dorsalmente à região lateral do músculo psoas maior⁴. As camadas posterior e média unem-se na margem lateral do eretor da coluna e na borda lateral do QL. São unidas pela camada anterior, originando a aponeurose do TA. A contração do OE e TA aumenta a tensão na FTL, elevando a pressão dentro da fásia, o que pode resultar em rigidez aumentada da coluna lombar, contribuindo para melhor estabilidade, somada aos mecanismos posturais paravertebrais e abdominais³³.

Mecanismos compensatórios

Sugere-se que os três sistemas de estabilização, passivo, ativo e neural, sejam interdependentes, e que um sistema possa compensar défices em outro. A instabilidade poderia ser o resultado de uma lesão tecidual, tornando o segmento mais instável, com

força ou resistência (*endurance*) insuficientes, ou fraco controle muscular¹⁰. Instabilidade pode ser definida como diminuição na capacidade de estabilizar os sistemas da coluna para manter as zonas neutras dentro de limites fisiológicos, sem deformidade, sem *deficit* neurológico ou sem dor incapacitante.

A instabilidade lombar tem sido sugerida como causa de distúrbios funcionais e tensões, assim como dor. A força de deformação dos ligamentos e dos discos induzida por cargas passivas da coluna dessensibiliza os mecanorreceptores teciduais, diminuindo ou eliminando a força estabilizadora muscular reflexa no ML³⁴. Panjabi propôs que a disfunção muscular ao longo do tempo pode levar à lombalgia crônica via lesão adicional de mecanorreceptores e inflamação do tecido neural³⁵.

Exercícios específicos para os estabilizadores lombares

Há evidências de que os exercícios tradicionais prescritos para a lombalgia tenham um importante componente lesivo³⁴. Um exemplo é a realização de retroversão da pelve durante exercícios para a coluna lombar, que aumenta o risco de lesão por comprimir as articulações e aumentar a carga nas estruturas passivas. McGill⁶ concluiu que exercícios em série para a lombar, realizados em aparelhos com carga, podem produzir hérnias.

Músculos mais fortes parecem não ter valor profilático na redução de problemas lombares. Os músculos de resistência (*endurance*) têm sido evidenciados como protetores. Maior mobilidade da coluna lombar, ao contrário do que se pensava, aumenta as chances de problemas no segmento³⁶. McGill⁶ sugeriu que o mais seguro modelo de estabilização lombar não seria o exercício de força, mas sim o de resistência, que manteria a coluna em uma posição neutra, enquanto encorajaria o paciente a co-contrair os estabilizadores.

Em virtude das evidências da importância dos músculos locais TA, ML

e QL na estabilização, assim como suas disfunções em episódios de lombalgia, sugere-se focar a atenção nesses músculos⁸. O desenvolvimento de testes e exercícios reproduzíveis na clínica estabeleceu a ESL como prática no tratamento de disfunções lombares³⁷. O treino de estabilização local tem sido aplicado também na reabilitação do ombro por meio de exercícios para os músculos da bainha rotatória e escápula³⁹, bem como dos flexores profundos do pescoço⁴⁰.

O papel dos estabilizadores segmentares consiste em fornecer proteção e suporte às articulações por meio do controle fisiológico e translacional excessivo do movimento⁴¹. Os músculos globais atuam encurtando-se ou alongando-se e gerando torque e movimento às articulações. Os locais ligam-se de vértebra a vértebra e são responsáveis pela manutenção da posição dos segmentos lombares durante movimentos funcionais. Essas demandas indicam que exercícios isométricos são mais benéficos por atuarem na reeducação dos músculos profundos. Em um estágio mais avançado de treino, a isometria pode ser combinada com exercícios dinâmicos para outras partes do corpo⁸.

A co-contratação e a estabilidade

A co-contratação é outro mecanismo que pode fornecer rigidez por meio de músculos antagonistas e, assim, manter a estabilidade na presença de cargas externas e internas nas articulações⁴².

Há posições em que a co-contratação dos músculos profundos pode ser realizada enquanto se mantêm os globais relaxados e a coluna em posição neutra⁸. A co-ativação pode ser alcançada pela inibição ativa dos interneurônios em vias recíprocas⁴³. A co-contratação dos antagonistas do tronco é necessária para manter o equilíbrio mecânico estável⁴. O controle do equilíbrio e estabilidade mecânica requer recrutamento muscular apropriado e tempo ótimo de recrutamento muscular (*timing*). Disfunção muscular e erros no controle motor têm sido sugeridos como

possíveis causas de distúrbios agudos e crônicos⁴⁴. McDonald et al.⁴⁵ questionam a falta de evidências da co-contratação do TA e do ML durante atividades abdominais.

EXERCÍCIOS ESTABILIZADORES

Em virtude das diferenças funcionais entre os músculos locais e globais, os exercícios devem ser feitos de formas diferentes quando se objetiva o tratamento das disfunções e das dores. Há pacientes em que os globais mais ativos predominam nos exercícios gerais. É difícil detectar se a ativação dos locais ocorre durante esses exercícios. Por isso, são propostos exercícios específicos que isolam os músculos locais dos globais. A ESL não coloca a estrutura lesada em risco, principalmente no início da reabilitação, reduzindo a carga externa e mantendo a coluna em posição neutra. Os exercícios são sutis, específicos e precisos, reduzindo a chance de dor ou reflexo de inibição. Para um máximo benefício, precisam ser repetidos tantas vezes quantas forem necessárias⁸. A progressão pode ser realizada em inúmeros estágios. As séries podem ser progredidas de cargas baixas com peso mínimo até posições mais funcionais com aumento gradual de carga.

Para pacientes com disfunção local, o isolamento do ML e TA não é uma tarefa fácil. Em virtude disso, Richardson e Jull⁸ desenvolveram estratégias incluindo palpação, observação de mudanças na forma do corpo e retroalimentação (*biofeedback*).

Comerford e Mottram⁴⁶ propuseram um guia clínico para o re-treino dos estabilizadores. Segundo eles, a palpação deve estimular a correta ativação. É necessário observar o padrão de controle correto e o recrutamento tônico das fibras, sem que se note fadiga. O paciente não deve sentir dor e a respiração deve ser normal. A contração deve se manter por 10 segundos e ser repetida 10 vezes.

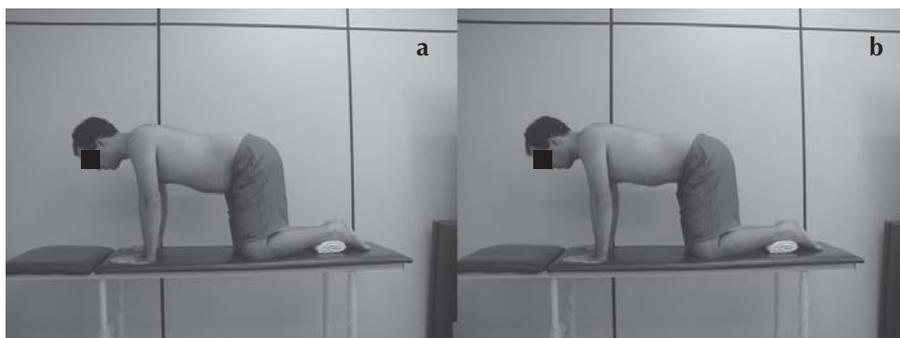


Figura 1 Reeducação do transverso do abdome (TA) em quatro apoios: a, note-se o relaxamento da parede abdominal; b, contração do TA

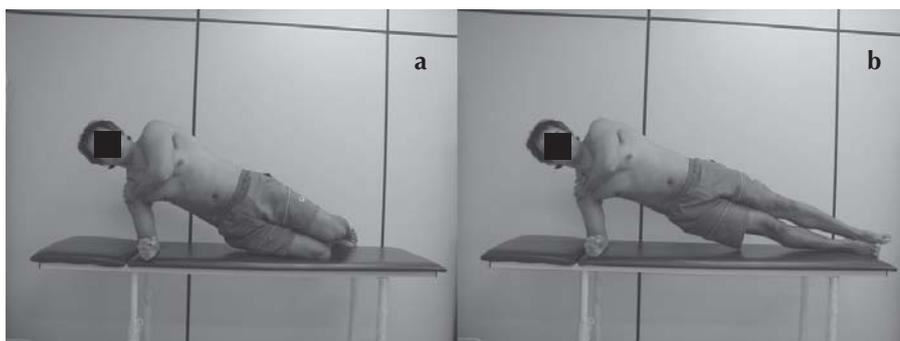


Figura 2 Ponte lateral: em a, o suporte do peso do corpo inferior com os joelhos sobre a plataforma (nos casos de maior preocupação com a segurança do segmento lombar, nesta posição há redução da demanda adicional); em b, o suporte inferior com os pés aumenta o recrutamento muscular, mas também aumenta a carga na coluna



Figura 3 Ponte lateral avançada: após a manutenção da ponte lateral (a), girar de um cotovelo a outro (b, c) com o abdome em contração, mantendo a estabilidade da pelve e da caixa torácica

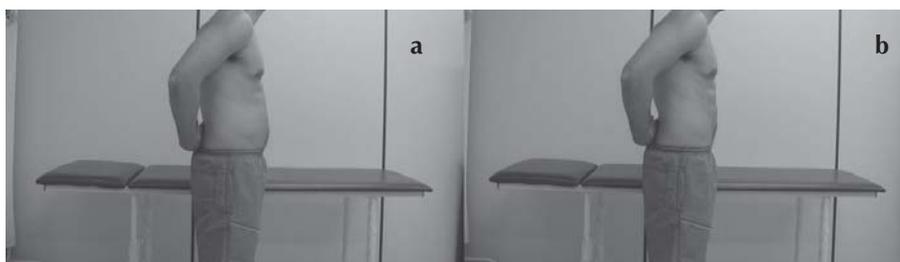


Figura 4 Co-contratação dos multifídeos e do transverso do abdome: em a, nota-se a parede abdominal relaxada; em b, observa-se a co-contratação

Dada a importância do QL como estabilizador lateral, a técnica ideal para maximizar a ativação e minimizar a carga parece ser a ponte lateral e, para aprimorar o controle motor, há a técnica avançada da ponte em decúbito lateral (ver Figuras a seguir)⁶.

Reeducação em quatro apoios para o transverso do abdome

Há posições em que se consegue isolar os músculos específicos em isometria, ao mesmo tempo que se relaxam os globais, mantendo a coluna em posição neutra. Preconiza-se que a posição inicial no aprendizado seja a posição em quatro apoios (Figura 1). Richardson e Jull⁸ sugerem que esse exercício seja o ideal para o aprendizado mais fácil da contração da parede abdominal e para a manutenção dessa posição em isometria. Ensina-se ao paciente como localizar e manter as curvas torácica e lombar em posições normais para a execução de exercícios. A partir da posição inicial, é necessário treinar esse mesmo exercício em decúbito dorsal, em pé e sentado. A contração do TA pode ser

palpada medialmente à espinha ilíaca ântero-superior e inferiormente à cicatriz umbilical.

Treinamento do quadrado lombar: a ponte lateral é a técnica escolhida para ativação do estabilizador lateral, quadrado lombar, em virtude de otimizar a ativação e de minimizar a sobrecarga na coluna lombar (Figura 2). Na ponte inicial, o apoio inferior é realizado com o joelho, evoluindo para os

pés. Em um exercício mais avançado, ponte lateral avançada (Figura 3), o paciente começa da posição lateral da ponte, isto é, com apoio inferior dos pés e gira sobre os cotovelos enquanto o abdome realiza o suporte segmentar "travando" a pelve e a caixa torácica.

Exercícios para o multífido lombar: deita-se em prono, com os joelhos estendidos e os braços ao longo do corpo. O terapeuta toca com seus polegares os ML adjacentes ao processo espinhoso. Solicita então que o paciente realize uma contração leve como se quisesse empurrar os dedos, e a

mantém por 10 segundos. Repete-se 10 vezes. O terapeuta deve sentir com seus polegares a contração no local palpado e verificar a capacidade de execução de uma contração simétrica e bilateral por parte do paciente, assim como a intensidade e a capacidade da manutenção de forma homogênea, sem compensações⁴⁷.

A co-contração dos músculos TA e ML começa preferencialmente nas posições em pé e sentada. Em ambas, o paciente realiza exatamente os mesmos exercícios para o TA e o ML ao mesmo tempo. A contração do TA

pode ser palpada medialmente à espinha ilíaca ântero-superior (Figura 4).

CONCLUSÃO

A revisão permitiu constatar a eficácia da estabilização segmentar nas lombalgias e, principalmente, na prevenção de sua recidiva, por atuar diretamente no controle motor, devolvendo a função protetora dos músculos profundos. Os exercícios propostos, por serem sutis, específicos e em posição neutra, são adequados para o início da terapia, por submeterem as estruturas articulares lesadas a sobrecarga leve.

REFERÊNCIAS

- 1 Danneels LA, Cools AM, Vanderstraeten GC, Cambier DC, Witvrouw EE, Bourgois J, et al. The effects of three different training modalities on the cross-sectional area of the paravertebral muscles. *Scand J Med Sci Sports*. 2001;11:335-41.
- 2 Deyo RA, Cherkin D, Conrad D, Volinn E. Cost, controversy, crisis: low-back pain and the health of the public. *Annu Rev Public Health*. 1991;12:141-56.
- 3 De Vitta A. A lombalgia e suas relações com o tipo de ocupação, com a idade e o sexo. *Rev Bras Fisioter*. 1996;1:67-72.
- 4 Ebenbichler GR, Oddsson LIE, Kollmitzer J, Erim Z. Sensory-motor control of the lower back: implications for rehabilitation. *Med Sci Sports Exerc*. 2001;33(11):1889-98.
- 5 Blanda J, Bethem D, Moats W, Lew M. Defects of the pars interarticularis in athletes: a protocol for non-operative treatment. *J Spinal Disord*. 1993;6:406-11.
- 6 McGill SM. Low-back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exer Sport Sci*. 2001;29(1):26-31.
- 7 Carpenter DM, Nelson BW. Low back strengthening for the prevention and treatment of low-back pain. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31(1):18-24.
- 8 Richardson C, Jull G. Muscle control, pain control: What exercises would you prescribe? *Man Ther*. 1995;1:2-10.
- 9 O'Sullivan PB, Twomey LT, Allison GT. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low-back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine*. 1997;22:2959-67.
- 10 Panjabi MM. The stabilizing system of the spine, part 1: function, dysfunction, adaption and enhancement. *J Spinal Disord*. 1992;5:383-9.
- 11 Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: core concepts and current literature, part 1. *Am J Phys Med Rehabil*. 2005;84:473-80.
- 12 Bergmark A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand*. 1989;230(Suppl 60):20-4.
- 13 Steffen R, Nolte LP, Pingel TH. Rehabilitation of the post-operative segmental lumbar instability: a biomechanical analysis of the rank of the back muscles. *Rehabilitation*. 1994;33:164-70.
- 14 Marques AP. Cadeias musculares: um programa para ensinar avaliação fisioterapêutica global. 2a ed. São Paulo: Manole; 2005.
- 15 Wilke HJ, Wolf S, Claes LE, Arand M, Weisend A. Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups: a biomechanical in vitro study. *Spine*. 1995;20:192-8.
- 16 Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic following resolution of acute first-episode low back pain. *Spine*. 1996;21(23):2763-9.
- 17 Rantanen J, Hurme M, Falck B, Alaranta F, Nykvist F. The lumbar multifidus muscle five years after surgery for a lumbar intervertebral disc herniation. *Spine*. 1993;18:568-74.
- 18 Hides JA, Stokes MJ, Saide M, Jull GA, Cooper DH. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. *Spine*. 1994;19:165-72.

Referências (cont.)

- 19 Stokes M, Young A. Investigations of quadriceps inhibition: implications for clinical practice. *Physiotherapy*. 1984;70:425-8.
- 20 Hides JA, Jull GA, Richardson CA. Long-term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. *Spine*. 2001;26(11):243-8.
- 21 Cresswell A, Thorstensson A. Changes in intra-abdominal pressure, trunk muscle activation and force during isokinetic lifting and lowering. *Eur J Appl Physiol*. 1994;68:315-21.
- 22 Williams PL, Warwick R, Dyson M, Bannister LH, editors. *Grays' Anatomy*. 37th ed. London: Churchill Livingstone; 1989.
- 23 Gracovetsky S, Farfan H, Helleur C. The abdominal mechanism. *Spine*. 1985;10:317-24.
- 24 Tesh KM, ShawDunn J, Evans JH. The abdominal muscles and vertebral stability. *Spine*. 1987;12:501-8.
- 25 McGill SM, Norman RW. Low back biomechanics in industry: the prevention of injury through safer lifting. In: Grabiner MD, editor. *Current issues in biomechanics*. Champaign, IL: Human Kinetics Pubs; 1993. p.69-120.
- 26 Aspden RM. The spine as an arch: a new mathematical model. *Spine*. 1989;14:266-74.
- 27 Hodges PW, Richardson CA, Jull GA. Evaluation of the relationship between laboratory and clinical tests of transversus abdominis function. *Physiother Res Int*. 1996;1:30-40.
- 28 Lindgren K, Sihvonen T, Leino E, Pitkanen M. Exercise therapy effects on functional radiographic findings and segmental electromyographic activity in lumbar spine instability. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993;74:933-9.
- 29 Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine*. 1996;21(22):2640-50.
- 30 Hides J, Wilson S, Stanton W, McMahon S, Keto H, McMahon K, et al. An MRI investigation into the function of the transversus abdominis muscle during "drawing-in" of the abdominal wall. *Spine*. 2006;31(6):175-8.
- 31 Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, Damen L, Pas MS, Storm J. The relation between the transversus abdominis muscle, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine*. 2002;27(4):399-405.
- 32 Hodges PW. Abdominal mechanism and support of the lumbar spine and pelvis. In: Richardson CA, editor. *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization*. 2nd ed. Edinburg: Churchill Livingstone; 2004. p.31-58.
- 33 Mueller G, Morlock MM, Vollmer M, Honl M, Hille E, Schneider E. Intramuscular pressure in the erector spinae and intra-abdominal pressure related to posture and load. *Spine*. 1998;23(23):2580-90.
- 34 Solomonow M, Zhou BH, Baratta RV, Lu Y, Harris M. Biomechanics of increased exposure to lumbar injury caused by cyclic loading, Part 1: loss of reflexive muscular stabilization. *Spine*. 1999;24:2426-34.
- 35 Panjabi MM. A hypothesis of chronic back pain: ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction. *Eur Spine J*. 2006;15:668-76.
- 36 McGill SM. Low back exercises: evidence for improving exercise regimens. *Phys Ther*. 1998;78:754-65.
- 37 Biering-Sorensen F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one year period. *Spine*. 1984;9:106-19.
- 38 Richardson C, Jull G, Hodges PW, Hides JA. *Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low-back pain*. London: Churchill Livingstone; 1999.
- 39 Hess SA. Functional stability of the glenohumeral joint. *Man Ther*. 2000;5(2):63-71.
- 40 Jull GA. Deep cervical flexor muscle dysfunction in whiplash. *J Musculoskel Pain*. 2000;8(1/2):143-54.
- 41 Comerford MJ, Mottram SL. Movement and stability dysfunction: contemporary developments. *Man Ther*. 2001;6(1):15-26.
- 42 Lavender SA, Tsuang YH, Anderson GB, Hafezi A, Shin CC. Trunk muscle cocontraction: the effects of moment direction and moment magnitude. *J Orthop Res*. 1992;10:691-700.
- 43 Nielsen J, Kagamihara Y. The regulation of presynaptic inhibition during co-contraction of antagonistic muscle in man. *J Physiol*. 1993;464:575-93.
- 44 Oddsson L, Persson T, Cresswell A, Thorstensson A. Interaction between voluntary and postural commands during perturbed lifting. *Spine*. 1999;24:545-52.
- 45 MacDonald DA, Moseley GL, Hodges PW. The lumbar multifidus: does the evidence support clinical beliefs? *Man Ther*. 2006;11(4):254-63.
- 46 Comerford MJ, Mottram SL. Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Man Ther*. 2001;6(1):3-14.
- 47 Richardson C, Hodges P, Hides J. *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization: a motor control approach for the treatment and prevention of low back pain*. 2nd ed. London: Churchill Livingstone; 2004.