

Camila Taís Límrio

Contribuição do mecanismo de co-contracção muscular na
estabilidade da coluna lombar: uma revisão da literatura

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2015

Camila Taísis Límrio

Contribuição do mecanismo de co-contração muscular na estabilidade da coluna lombar: uma revisão da literatura

Monografia apresentada ao curso de Pós-Graduação em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Prof. Dr^a. Luciana De Michelis Mendonça

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG

2015

RESUMO

O presente estudo se trata de uma revisão da literatura para verificar a contribuição do mecanismo de co-contração muscular na estabilidade da coluna lombar. Este mecanismo é conseguido através da interação complexa dos músculos agonistas e antagonistas da coluna vertebral. Como a instabilidade dos segmentos intervertebrais pode interferir no sistema de estabilização e assumir relação com as disfunções lombar, este estudo discutiu os principais aspectos deste mecanismo na estabilidade da coluna lombar. Foram realizadas buscas científicas nos idiomas inglês e português nas bases de dados Google acadêmico, Medline, Lilacs e Pubmed entre novembro de 2014 e janeiro de 2015. Os estudos selecionados deveriam apresentar (1) delineamento experimental (2) investigar por sinais eletromiográficos a coativação dos músculos do tronco em situações de perturbação na coluna vertebral. Foram excluídos estudos em que (1) investigaram o mecanismo de pressão intra-abdominal, pelo qual não foi objetivo do estudo por ser considerado subproduto da co-contração muscular (2) não descreveram se os níveis de rigidez muscular foram adequados, como resposta da co-contração muscular do tronco (3) e que não relataram quais os grupos musculares ativados para gerar o mecanismo de co-contração. Do total de 4.470 artigos, foram selecionados seis, no qual os dados dos estudos demonstraram que a força muscular gerada pelo mecanismo de co-contração muscular pode ser conduzida para cargas compressivas nas estruturas da coluna vertebral. Portanto deve-se considerar o padrão de movimento da tarefa realizada e o nível de co-contração que pode atingir.

Palavras-chave: Co-contração. Coluna. Estabilidade. Tronco. Músculos.

ABSTRACT

This study is a revision of literature to verify the contribution of mechanism of co-contraction in the stability of the spine. This mechanism is achieved through of the complex interaction of the agonists and antagonist muscles of the spinal lumbar. As the instability of the intervertebral segments can interfere in the system of stabilization and assume relation with the lumbar dysfunctions, this study discussed the main aspects of this mechanism of the stability of the spinal lumbar. Scientific searches were done in English and Portuguese on the Google Academic database, Medline, Lilacs and Pubmed between November of 2014 and January of 2015. The selected studies should present (1) experimental delimitation (2) investigation of the coactivation of the trunk muscles in situations of disturbance of the spinal lumbar by electromyographic signals. Studies were excluded in which (1) investigated the intra-abdominal pressure mechanism, for which wasn't the objective of the study to be considered result of the muscular co-contraction (2) didn't describe if the levels of muscular stiffness were adequate, as the response of the muscular co-contraction of the trunk (3) and that no reporting on which muscular groups activated to generate the mechanism of co-contraction. The total of 4470 articles, six were selected, in which the data of the studies demonstrated that the muscular force generated by the mechanism of muscular co-contraction can be conducted for compressive loads in the spinal lumbar structure. Therefore, this research is going to consider the standard of movement of task performed and the level of co-contraction that may reach.

Keywords: Co-contraction. Spine. Stability. Trunk. Muscles.

SUMÁRIO

1	Introdução	5
2	Metodologia	7
3	Resultados	8
4	Discussão	11
5	Conclusão	14
	Referências	15

1 INTRODUÇÃO

Disfunções lombar são um problema de saúde pública, por afetar aproximadamente 80% da população. ⁽¹⁾ No entanto causas específicas para a maioria das lombalgias não são conhecidas, porém as disfunções lombar são frequentemente correlacionadas com a estabilidade da coluna vertebral, por ser parte do problema de origem mecânica. ⁽²⁻³⁾

Com isso grande parte das abordagens para reabilitação das disfunções lombar, visam reaprender um padrão de co-ativação dos músculos do tronco, ^(1,2-4) baseando-se no conhecimento sobre como os músculos proporcionam estabilidade para coluna vertebral.

Estabilidade é a capacidade da coluna em limitar os padrões de deslocamento sob cargas fisiológicas, através de padrões de ativação muscular altamente coordenados e que devem mudar continuamente dependendo da tarefa, a fim de evitar deformidade incapacitante e dor causada por mudanças estruturais (Panjabi; White, 1978).

O sistema de estabilização da coluna foi conceituado em três subsistemas que se interagem: o sistema ativo composto pelos músculos e tendões que inserem na coluna lombar e suportam forças exercidas no dia-a-dia; o passivo representado por vértebras, discos intervertebrais e ligamentos por fornecerem estabilidade pela limitação passiva ao final do movimento; e por último, o sistema neural que é composto dos sistemas nervosos central e periférico, no qual coordenam a atividade muscular. ^(3,5,6-7)

Para o sistema ativo, os músculos podem ser divididos em locais, formado por músculos ligados diretamente a vértebra, e globais que consiste de grandes músculos produtores de torque, atuando na coluna sem se ligarem diretamente a ela. ^(8,9-10)

Contudo o sistema passivo não pode proporcionar estabilidade suficiente em condições que causam instabilidade, sendo necessária a ativação muscular para aumentar a rigidez intrínseca através de um padrão motor coordenado, para preservar e proporcionar estabilidade mecânica a coluna vertebral. ^(3,6-11)

Instabilidade é um aumento anormal de movimento nos segmentos intervertebrais, com perda do nível ideal de rigidez muscular por falta de controle neuromuscular, o qual interfere no sistema de estabilização e assume relação com as disfunções lombar. ⁽²⁻⁸⁾

Nessa perspectiva para manter estabilidade da coluna vertebral, pelo sistema ativo de estabilização, tem-se sugerido que os níveis baixos de co-contração são suficientes para proporcionar a rigidez muscular necessária para o controle das articulações intervertebrais,

ressaltando a importância de um nível de rigidez adequado para evitar restrições de movimento, ⁽²⁻⁴⁾ mantendo o segmento funcional, estável a perturbações e com menor risco de lesão.

Portanto as possíveis causas de dor lombar não específica, está no inadequado recrutamento dos músculos do tronco, e nas mudanças no controle motor no qual produz instabilidade e alteração na distribuição de cargas nos segmentos vertebrais, associado ao risco de lesões musculoesqueléticas crônicas. ⁽³⁻⁴⁾

Por fim, a estabilização da coluna lombar pode ser conseguida por dois mecanismos: aumento da pressão intra-abdominal e co-contração dos músculos antagonistas da coluna lombar. ⁽⁴⁾

Sendo a co-contração caracterizada pela contração simultânea de dois ou mais músculos em torno de uma articulação, ela promove a proteção das estruturas durante atividades funcionais e o aumento da pressão intra-abdominal. ⁽⁴⁻⁹⁾ Esta última é caracterizada pelo aumento da pressão hidrostática dentro da cavidade abdominal principalmente durante contração dos músculos profundos. ⁽¹²⁾ Uma vez que o aumento da pressão intra-abdominal depende da contração dos músculos abdominais considera-se então um subproduto do mecanismo de co-contração. ⁽¹³⁾

Dessa forma, o mecanismo de co-contração muscular, é o principal mecanismo para estabilidade da coluna vertebral e deve ser amplamente utilizado como estratégia para reabilitação.

Nesse contexto estudos biomecânicos têm explorado este mecanismo, sendo a eletromiografia a principal ferramenta para quantificação da coativação dos grupos musculares do tronco. A coativação gerada através de perturbações que provocam momentos de instabilidade nos segmentos da coluna vertebral, permite a investigação o mecanismo de co-contração com o nível de rigidez muscular gerado e a participação dos músculos locais e globais no recrutamento em co-contração na região da coluna lombar.

O objetivo desse estudo foi verificar, através de uma revisão da literatura a ocorrência do mecanismo de co-contração muscular para estabilizar a coluna lombar, e assim discutir seus aspectos na estabilidade lombopélvica, com análise dos principais grupos musculares ativados durante o mecanismo de co-contração muscular.

2 MÉTODO

Foi realizada uma revisão da literatura para buscas de artigos científicos nos idiomas inglês e português, nas bases de dados Google Acadêmico, Medline, Pubmed e Lilacs. A busca foi realizada no período compreendido a Novembro de 2014 a Janeiro de 2015, utilizando-se os seguintes termos: *spine, stability, muscles, trunk, co-contraction* e seus correlatos em português. Os termos para a pesquisa dos artigos, foram correlacionados conforme as características de cada base de dados. Devido a baixa especificidade do Google acadêmico utilizou-se a seguinte combinação (*spine stability AND co-contraction AND trunk*). Devido a alta especificidade das bases de dados MEDLINE e PUBMED realizou-se mais de uma combinação de termos, utilizando-se as combinações (*(spine stability AND muscles) AND co-contraction*) para ambas as bases. Na base de dados LILACS pesquisou-se utilizando o termo *spine stability* devido ao número restrito de periódicos nesta base.

Os estudos selecionados deveriam apresentar (1) delineamento experimental, (2) investigar por sinais eletromiográficos a co-ativação dos músculos do tronco em situações de perturbação na coluna vertebral.

Não houve restrição quanto á data de publicação. Foram excluídos estudos em que (1) investigaram o mecanismo de pressão intra-abdominal, pelo qual não foi objetivo do estudo por ser considerado subproduto da co-contração muscular e este então ser o principal mecanismo para estabilização (2) não descreveram se os níveis de rigidez muscular foram adequados, como resposta da co-contração muscular do tronco as perturbações na coluna vertebral (3) e que não relataram quais os grupos musculares ativados para gerar o mecanismo de co-contração.

A seleção dos artigos ocorreu primeiramente por meio da leitura dos títulos, em seguida pela leitura dos resumos e finalmente foram selecionados os artigos para serem lidos na integra.

Para cada artigo foram extraídos os seguintes dados para caracterização: delineamento, tipo de amostra, tipo de perturbação e os grupos musculares ativados durante o mecanismo de co-contração.

3 RESULTADOS

Os termos utilizados para a pesquisa, retornaram 4140 artigos na base de dados GOOGLE ACADÊMICO devido a sua baixa especificidade e 234 artigos na base de dados PUBMED, com as bases de dados MEDLINE e LILACS o número de periódicos foi mais restrito com 26 e 70 artigos respectivamente. Os passos para seleção dos estudos estão representados na Figura 1 e as características dos estudos selecionados, na Tabela 1.

Figura 1. Fluxograma da seleção dos artigos

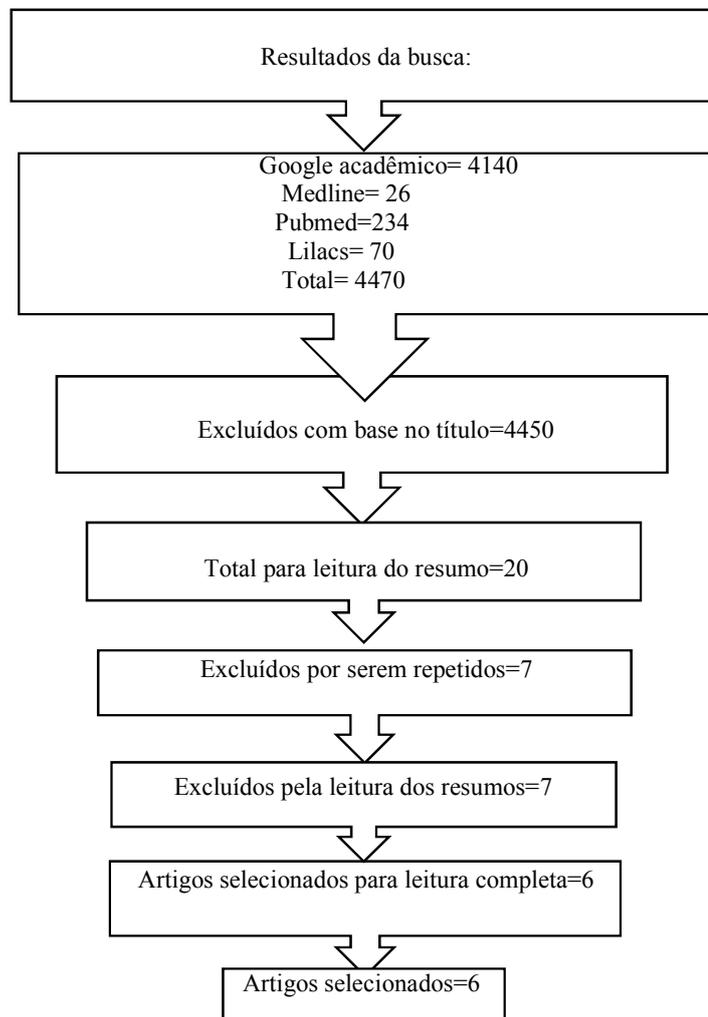


Tabela 1: Características dos estudos selecionados

Artigo	Delineamento	Amostra	Tipo de perturbação	Grupos musculares
Cholewicki <i>et.al</i> ⁽¹⁰⁾	Experimental	8 homens; idade: 20 (2,0) anos; 1,84 (5,1) alt.; 82 (10,3) kg Sem dor lombar	Esforços isométricos em flexão, extensão flexão lateral e rotação axial sob carga vertical	Locais e Globais
Van Dieen <i>et. al</i> ⁽¹⁵⁾	Experimental	10 homens; 24,8 (2,9) anos; 1,80 (0,11) alt.; 73,8 (12,8) kg Sem dor lombar	Tarefa de levantamento de carga	Locais e Globais
Lee <i>et.al</i> ⁽¹⁸⁾	Experimental	17 indivíduos; 1,75 (12,0) alt.; 74,3 (14,2) kg Sem dor lombar	Cargas horizontais aplicadas no tronco mantendo uma postura ereta	Locais e Globais
Granata <i>et.al</i> ⁽¹⁴⁾	Experimental	10 homens 23,89 (1,45) anos; 1,80 (0,10) alt.; 80,69 (7,17) 10 mulheres 26,32 (4,60) anos; 1,68 (0,05) alt.; 67,75 (11,26) kg Sem história de desordem na coluna lombar	Elevar e segurar um halter entre duas barras guias verticais em 0, 20, 40, 60 e 80 cm acima do sacro, em dois níveis de peso 4,5 e 9,0 kg	Locais e Globais
Garcia <i>et.al</i> ⁽¹⁷⁾	Experimental	14 homens saudáveis 28,14 (8,33) anos; 1,78 (0,05) alt.; 77,78 (10,41) Kg; Sem dor lombar há um ano	Carga súbita 6,8 e 9,0 kg aplicadas posteriormente ao tronco por uma roldana na posição semi-sentada	Locais e Globais
Granata <i>et.al</i> ⁽¹⁶⁾	Experimental	7 homens 23,7 (3,4) anos; 1,80 (7,6) alt.; 74,9 (9,7) kg 7 mulheres 21,9 (2,6) anos; 1,66 (7,2) alt.; 64,3 (8,8) kg Sem histórico de dor lombar	Esforços isométricos em flexão e extensão contra carga aplicada no tronco	Locais e Globais

Os estudos selecionados, são ensaios clínicos experimentais em Biomecânica, que investigaram o mecanismo de co-contracção muscular na estabilidade da coluna lombar.

No estudo de Cholewicki *et.al*⁽¹⁰⁾ os autores observaram a contribuição do mecanismo de co-contracção com ambos os grupos musculares intersegmentais e multisegmentais, e identificou

que nenhum dos músculos removidos no modelo biomecânico reduziu a estabilidade da coluna por mais de 30%, mostrando que a estabilidade da coluna lombar não ocorre somente com um grupo muscular, além disso observaram que a contribuição dos grupos musculares depende da combinação da direção do movimento e nível da carga ($p < 0,1$), e com maior efeito para estabilidade quando a ação do músculo é agonista. Em outro estudo, Van Dieen *et. al* ⁽¹⁵⁾ também observou em seus resultados que a resposta em co-contração dos músculos do tronco para estabilizar a coluna vertebral durante a tarefa de levantamento de carga, é modulada pelas perturbações que ocorrem na coluna vertebral, pois apresentou mudanças durante as fases de levantamento de carga 1,4 % (DP 2,2) 1,3 % (DP 1,9) e 0,5 % (DP 0,5) da co-contração máxima, permitindo um aumento gradual da rigidez do tronco e um padrão de movimento suave.

Nesse contexto, analisando a rigidez do tronco Lee *et.al* ⁽¹⁸⁾ observou um aumento de 37,8% ($p < 0,004$) com recrutamento em co-contração muscular para manter estabilidade da coluna vertebral, além de observar a atividade eletromiográfica dos músculos reto abdominal, oblíquo externo e interno que aumentou significativamente durante co-contração máxima ($p < 0,05$) e não apresentou mudança significativa no músculo paraespinal lombar, porém, o mesmo aumentou significativamente durante a co-contração mínima ($p < 0,05$). Granata *et.al* ⁽¹⁴⁾ verificou em seu estudo que apesar do momento externo de flexão do tronco manter-se constante durante a tarefa de elevação do membro superior com carga, a atividade eletromiográfica dos músculos flexores do tronco aumentou significativamente ($p < 0,001$) com altura de elevação dos halteres e nas duas condições de alturas mais altas da carga ($p < 0,05$) em 60 cm e 80 cm acima do sacro. Similar aos resultados dos estudos acima, os autores observaram que a co-contração dos músculos do tronco aumenta com demanda imposta no sistema de estabilidade da coluna vertebral.

Outro aspecto importante foi verificado no estudo de Garcia *et.al* ⁽¹⁷⁾ no qual observou que pacientes com instabilidade na coluna lombar podem se beneficiar com baixos a moderados níveis de co-contração, pois analisaram a coativação dos músculos abdominais em quatro níveis diferentes de 0%, 10%, 20% e 30% da co-contração máxima, no qual apresentou índice de estabilidade significativo ($p < 0,001$) somente para os baixos níveis de co-contração.

Em outro estudo de Granata *et.al* ⁽¹⁶⁾ foi analisado o recrutamento em co-contração durante a flexão e extensão isométrica do tronco, observou-se que a atividade eletromiográfica foi maior durante a flexão ($p < 0,01$) do que a extensão, com 15,3% e 10,5%, respectivamente da co-contração máxima. Co-contração também foi significativamente maior nos níveis de carga mais elevadas ($p < 0,01$), conseqüentemente compressão na coluna lombar também foi maior durante esforços de flexão e cargas elevadas ($p < 0,05$).

4 DISCUSSÃO

Esta revisão da literatura encontrou evidências que confirmam a ocorrência do mecanismo de co-contracção muscular para manter estabilidade da coluna lombar. Assim, observou-se em todos os estudos incluídos nesta revisão, que os níveis de coativação dos músculos do tronco aumentaram conforme maiores cargas foram aplicadas. Dois estudos apontaram os padrões de movimento de flexão e rotação do tronco, como posturas com maior risco biomecânico para coluna lombar por gerar altos níveis de co-contracção e sobrecarga nos tecidos. Todos os estudos selecionados apontaram a rigidez muscular da coluna vertebral, como um importante parâmetro para analisar os riscos e benefícios que o mecanismo de co-contracção muscular pode gerar para estabilizar a coluna lombar. Destaca-se ainda, que nenhum estudo determinou, pelos registros de ativação muscular durante o mecanismo de co-contracção, um único grupo muscular como estabilizadores da coluna lombar.

Portanto, após análises os autores identificaram o mecanismo de co-contracção, dos músculos do tronco, como um componente necessário para estabilidade da coluna lombar, por permitir maior controle neuromuscular em tarefas com cargas e posturas assimétricas ^(10,14,15,16,17-18).

Contudo segundo a literatura, os benefícios da co-contracção para estabilidade, deve ser equilibrado com os riscos gerados pelo aumento da carga compressiva nas estruturas da coluna vertebral ⁽¹⁶⁻¹⁹⁾. Segundo Granata et.al para avaliar os riscos biomecânicos, deve-se considerar o controle neuromuscular na estabilidade da coluna vertebral e o recrutamento em co-contracção, pois estes em alto nível de esforço podem consequentemente provocar uma maior compressão na coluna lombar⁽¹⁶⁾. No entanto, para co-contracção ser considerada benéfica, deve demonstrar maior estabilidade biomecânica do que carga gerada na coluna vertebral. Caso contrário, o recrutamento em co-contracção pode gerar forças, com o aumento da rigidez muscular, que pode não ser estabilizadora⁽¹⁹⁾.

Observando a rigidez muscular na coluna vertebral, Lee et.al reconheceu que o aumento da atividade do músculo é associado com maior rigidez na articulação, pois seus resultados demonstraram que a rigidez do tronco foi maior quando o recrutamento em co-contracção ocorreu. Análises teóricas sugerem que este aumento na rigidez, pela coativação muscular, aumenta efetivamente a estabilidade da coluna vertebral⁽²⁰⁾.

Como observado por Va Dieen et.al que mostrou em seu estudo, que a co-contracção dos músculos do tronco durante a tarefa de levantamento de carga com os membros superiores, é

modulada em resposta à ameaça de perturbações mecânicas que ocorrem, permitindo um aumento gradual da rigidez e assim da estabilidade da coluna vertebral, favorecendo portanto um padrão de movimento suave. Nesta observação segundo a literatura, o nível ideal de rigidez muscular do tronco seria gerado, pelo nível mínimo de co-contracção muscular da coluna vertebral, que garante a estabilidade da coluna vertebral sem impor cargas desnecessárias sobre os tecidos ⁽⁴⁻¹⁷⁾.

Como foi verificado no estudo de Garcia et.al que ao analisar co-contracção em diferentes níveis, em pacientes com instabilidade na coluna vertebral, concluiu que estes podem se beneficiar com baixos a moderados níveis de coativação, por não conduzir o recrutamento em co-contracção para forças compressivas na coluna vertebral. Esse dado corrobora com outros estudos na literatura, que sugeriram focar o tratamento muscular das disfunções lombares em baixos níveis de contracção, pois são suficientes em proporcionar a rigidez necessária para controle das articulações intervertebrais⁽⁴⁾. Por outro lado níveis mais elevados de co-contracção foram evidenciados em pacientes com dor lombar que, apresentaram controle neuromuscular limitado nos movimentos do tronco, e níveis elevados de co-contracção para aumentar a rigidez nas articulações intervertebrais e manter a estabilidade da coluna vertebral ⁽¹⁸⁾. No entanto, o processo de reabilitação deve visar um reaprendizado do controle neuromuscular, através de padrões de movimento que gerem baixos níveis de co-contracção para assim priorizar estabilidade da coluna lombar sem sobrecarregar os tecidos do sistema de estabilização.

Outro aspecto importante para favorecer a ocorrência do mecanismo de co-contracção muscular e assim a efetividade das intervenções das disfunções da coluna lombar, são identificar e compreender as contribuições dos grupos musculares na estabilidade da região lombopélvica.

De acordo com a literatura todos os músculos do tronco desempenham um papel importante em assegurar a estabilidade da coluna vertebral, e devem trabalhar em harmonia para alcançar este objetivo ⁽⁴⁻¹⁹⁾. Portanto a contribuição dos grupos musculares para a ocorrência do mecanismo de co-contracção nos estudos selecionados, foi dependente de algumas condições impostas durante as perturbações aplicadas, tais como, combinação da direção do movimento com o nível da carga ⁽¹⁰⁾ e altura nas fases de levantamento de carga com os membros superiores ⁽¹⁴⁻¹⁶⁾.

Sobretudo observou-se em outros estudos que a contribuição relativa de um dado músculo para estabilidade da coluna, modificou-se sob diferentes padrões de recrutamento de outros músculos do tronco ⁽¹⁰⁻¹⁵⁾. Assim os músculos da coluna lombar permitem movimentos controlados e suaves em todos os planos funcionais, realizados tanto pelos músculos segmentares, quanto multisegmentares ⁽²¹⁾.

Nesse contexto, nenhum estudo pelos registros de ativação em recrutamento de co-contratação, apontou um único grupo muscular como responsável pela estabilidade da coluna lombar, como observado por Cholewicki et.al que sugeriu que a classificação em músculos locais e globais como uma forma de discriminar os músculos responsáveis pela estabilidade e produção de movimento não é adequada, pois estudos apontaram que, a estabilidade da coluna lombar são resultados de padrões de ativação muscular altamente coordenados envolvendo todos os músculos do tronco, nos quais os padrões devem mudar continuamente dependendo da tarefa (10,15-22).

5 CONCLUSÃO

Embora o mecanismo de co-contração muscular seja um componente necessário para manter estabilidade da coluna lombar, deve ser considerado o padrão de movimento da tarefa realizada e o nível de co-contração que esta pode atingir, para garantir a estabilidade do segmento da coluna vertebral sem sobrecarregar os tecidos do sistema de estabilização. Em processos de reabilitação do sistema muscular da coluna lombar, deve-se procurar melhorar o controle neuromuscular de todos os músculos lombares, priorizando padrões de movimento que gerem baixos níveis de co-contração muscular. Embora o recrutamento dos músculos locais sejam enfatizados na fase inicial da reabilitação, todos os músculos do tronco são considerados importantes para o restabelecimento da função normal do mecanismo de co-contração e portanto do sistema de estabilização da coluna lombar, visto que nesta revisão não foi apontado nenhum grupo muscular, pelo mecanismo de co-contração, como único responsável pela estabilidade lombopélvica. Dessa forma destaca-se como principais aspectos a serem observados no planejamento de ações preventivas e de reabilitação do sistema de estabilidade da coluna lombar, o nível de rigidez que o padrão de movimento aplicado pode gerar pelo mecanismo de co-contração e a complexidade dos músculos envolvidos, não enfatizando somente um grupo muscular para favorecer o mecanismo de co-contração.

REFERÊNCIAS

1. RACKWITZ, B. *et al.* Segmental stabilizing exercises and low back pain. What is the evidence? A systematic review of randomized controlled trials. **Clinical Rehabilitation**, Germany, v.20, p.553-567, Jul. 2006.
2. GRANATA, K. *et al.* Trunk posture and spinal stability. **Clinical Biomechanics**, United States, v.16, p.650-659, Jun. 2001.
3. PANJABI, Manohar. Clinical spinal instability and low back pain. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, United States, v.13, p.371-379, Aug. 2003.
4. ROSSI, D. *et al.* Antagonist coactivation of trunk stabilizer muscles during Pilates exercises. **Journal of Bodywork e Movement Therapies**, United States, v.18, p.34-41, Apr. 2013.
5. HOFFMAN, J. *et al.* Expanding Panjabi's stability model to express movement: A theoretical model. **Medical Hypotheses**, United States, v.80, p.692-697, Feb. 2013.
6. KIEFER, A. *et al.* Synergy of the human spine in neutral postures. **Eur Spine**, Canadá, v.7, p.471-479, May 1998.
7. GRANATA, K. *et al.* Stability of Dynamic Trunk Movement. **Spine**, United States, v.31, p.271-276, May 2006.
8. BROOK, L. *et al.* Neuromuscular control of lumbar instability following static work of various loads. **Muscle Nerve**, United States, v.39, p.71-82, Jan. 2009.
9. IZZO, R. *et al.* Biomechanics of the spine. Part I: Spinal stability. **European Journal of Radiology**, Italy, v.82, p.118-126, July 2012.
10. CHOLEWICKI, J. *et al.* Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. **Clinical Biomechanics**, United States, v.17, p.99-105, Dec. 2001.

11. STOKES, I. *et al.* Abdominal muscle activation increases lumbar spinal stability: analysis of contributions of different muscle groups. **Clinical Biomechanics**, United States, v.26, p.797-803, Oct. 2011.
12. CLELAND, J. *et al.* The role of therapeutic exercise in treating instability-related lumbar spine pain. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**, United States, v.16, p.105-115, Apr. 2002.
13. ESSENDROP, M. *et al.* Increase in spinal stability obtained at levels of intra-abdominal pressure and back muscle activity realistic to work situations. **Applied Ergonomics**, Copenhagen, v.33, p.471–476, Mar. 2002.
14. GRANATA, K. *et al.* Response of trunk muscle coactivation to changes in spinal stability. **Journal of Biomechanics**, Virginia, v.34, p. 1117-1123, Abr. 2001.
15. VAN DIEËN, J. *et al.* Evidence for a role of antagonistic cocontraction in controlling trunk stiffness during lifting. **Journal of Biomechanics**, Amsterdam, v.36, p.1829-1836, May. 2003.
16. GRANATA, K. *et al.* Co-contraction recruitment and spinal load during isometric trunk flexion and extension. **Clinical Biomechanics**, Virginia, v.20, p.1029–1037, July 2005.
17. GARCIA, F. *et al.* Effects of different levels of torso coactivation on trunk muscular and kinematic responses to posteriorly applied sudden loads. **Clinical Biomechanics**, Canadá, v.21, p.443–455, Dec. 2005.
18. LEE, P. *et al.* Active trunk stiffness increases with co-contraction. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, United States v.16, p.51–57, Jun. 2005.
19. GRANATA, K. *et al.* Cost–Benefit of muscle cocontraction in protecting against spinal instability. **Spine**, Virginia, v.25, p. 1398 –1404, May. 2000.
20. GRANATA, K. *et al.* Trunk muscle coactivation in preparation for sudden load. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, Virginia, v.11, p. 247–254, Jan. 2001.
21. GILCHRIST, R. *et al.* Muscular Control of the Lumbar Spine. **Pain Physician**, Pittsburgh, v.6, p. 361-368, Dec. 2003.

22. GILL, S. *et al.* Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, Canadá, v.13, p.353-359, Aug.2003.