

## CONTROLE DO TRONCO: IMPLICAÇÕES NA LOMBALGIA

Antonio Vinicius Soares\*  
Walter Celso de Lima\*\*  
Noé Gomes Borges Júnior\*\*

SOARES, A.V.; LIMA, W.C.; BORGES JÚNIOR, N.G. Controle do Tronco: Implicações na Lombalgia. *Arq. Ciênc. Saúde Unipar*, 7(3): 283-289, 2003.

**RESUMO:** Revisa-se os aspectos mais relevantes do controle do tronco, apresentando a anatomia da coluna vertebral e da musculatura envolvida, o controle neural e implicações biomecânicas. Finalmente, as considerações quanto a importância destas informações em relação a lombalgia.

**PALAVRAS-CHAVE:** biomecânica; controle; lombalgia; tronco.

### TRUNK CONTROL: IMPLICATIONS IN LOW BACK PAIN

SOARES, A.V.; LIMA, W.C.; BORGES JÚNIOR, N.G. Trunk control: implications in low back pain. *Arq. Ciênc. Saúde Unipar*, 7(3): 283-289, 2003

**ABSTRACT:** The most relevant aspects on the control of trunk were considered here, such as the anatomy of the spine and involved muscles, the neural control and the biomechanical implications. Finally, considerations regarding the importance of this information for low back pain are made.

**KEY WORDS:** biomechanics; control; low back pain; trunk.

#### Introdução

Quando os seres humanos adotaram a posição ereta e passaram a andar sobre duas pernas, uma musculatura extensora para manter o corpo ereto contra a gravidade, teve de ser significativamente desenvolvida. A coluna vertebral tornou-se exigida a novos padrões de força, em virtude da diferente distribuição de peso e tensão muscular. A base pequena, proporcionada apenas pelo contato dos pés no solo, exigiu um sofisticado sistema para manutenção da postura e equilíbrio corporal. Sem dúvida, o tronco formou a base para todos os mecanismos envolvidos nestas funções, proporcionando um suporte móvel, ainda que estável, e liberando assim, os membros superiores para explorar o mundo.

O controle do tronco possui mecanismos complexos que envolvem aspectos anatômicos, neurofisiológicos e biomecânicos. Estes aspectos, devem ser amplamente estudados para uma melhor compreensão do envolvimento e contribuição do tronco para o funcionamento adequado de todo aparelho locomotor. Entende-se por controle do tronco, todos os aspectos relacionados à manutenção da postura e equilíbrio do tronco. A integridade deste controle, é crucial para a manutenção da postura, equilíbrio corporal, marcha e funcionamento coordenado das extremidades (COHEN, 2001).

Para LUNDY-EKMAN (2000) o controle postural de forma geral, é realizado pelos comandos centrais para os motoneurônios inferiores, a eferência central é ajustada ao contexto do ambiente, por meio de aferências sensoriais. Estas aferências sensoriais, envolvem as informações somato-

sensoriais (especialmente proprioceptivas), vestibulares e visuais. São utilizadas nos mecanismos de ajustes antecipatórios, na previsão e antecipação para responder às perturbações futuras, e nos ajustes compensatórios, envolvendo respostas diante de perturbações atuais do equilíbrio.

Para se falar de controle de tronco, é necessário revisar aspectos relevantes sobre a coluna vertebral, especialmente da região lombo-sacra, a musculatura do tronco, o controle neural destas estruturas e os aspectos biomecânicos do tronco. Estudos recentes, tem demonstrado o complexo controle sensorio-motor da coluna vertebral, detalhando o papel de cada elemento anatômico, as estruturas intra e extra-articulares da coluna vertebral, o papel dos músculos do tronco e o complexo controle neural envolvido, vem sendo gradativamente elucidados (HOLM *et al*, 2002).

A relação entre a estabilidade da coluna vertebral e a postura do tronco, também representa importante objeto de estudo, a relação citada mostra a necessidade da integridade no controle neuromuscular para manter a estabilidade da coluna vertebral, especialmente nas posturas assimétricas, isto relaciona fortemente a influência da postura sobre a estabilidade da coluna vertebral (GRANATA & WILSON, 2001).

Um dos problemas mais comuns na clínica médica e de reabilitação física é a lombalgia idiopática crônica, representa o tipo mais comum de lombalgia, e portanto, vem sendo objeto de vários estudos, visando compreender melhor os mecanismos etiológicos e perpetuantes. Estudos centrados nos distúrbios da ativação e co-ativação dos músculos do

\*Fisioterapeuta, Especialista em Cinesioterapia Neuro-sensorio-motora, Mestrando em Ciências do Movimento Humano (Biomecânica) – UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina), Professor da ACE (Associação Catarinense de Ensino) e do IELUSC (Centro Educacional e Instituto Superior Luterano de Santa Catarina)

\*\* Professor Titular Doutor em Ciências do Programa de Mestrado em Ciências do Movimento Humano – UDESC

**Endereço:** Prof. Antonio Vinicius Soares. Departamento de Fisioterapia da ACE (Associação Catarinense de Ensino). Rua São José, 490. Centro. Joinville-SC. 89202-010. e-mail: a.vini@ig.com.br



tronco (STOKES & GARDNER-MORSE, 2001); na estrutura e função do disco intervertebral lombar (LUNDON & BOLTON, 2001); no controle postural (HODGES, 2001; RADEBOLD *et al*, 2001); da cinemática e cargas sobre a coluna lombar (CALLAGHAN & MCGILL, 2001), tentam buscar elementos para vislumbrar uma melhor abordagem de prevenção e tratamento deste quadro tão comum na prática clínica.

Neste trabalho, revisa-se os aspectos anatômicos, neurofisiológicos e biomecânicos mais relevantes envolvidos no controle de tronco. Faz-se ao final, a relação destes achados com as implicações clínicas relacionadas à lombalgia.

### Desenvolvimento

#### Aspectos anatômicos do controle do tronco

Neste tópico revisa-se os aspectos anatômicos mais relevantes envolvidos no controle do tronco. São apresentadas as generalidades sobre a coluna vertebral humana, tais como: constituição e suas curvaturas fisiológicas, a descrição da constituição e biomecânica do disco intervertebral, os principais ligamentos vertebrais, as articulações zigoapofisárias, as articulações sacro-ilíacas e a musculatura do tronco.

#### Coluna vertebral - generalidades

A coluna vertebral é constituída por uma sobreposição de vértebras, consta de 7 vértebras cervicais, 12 torácicas, 5 lombares, o sacro e o cóccix. A coluna vertebral quando observada em perfil apresenta curvaturas fisiológicas: lordose cervical, cifose torácica, lordose lombar e uma curvatura fixa do sacro, chamada de cifose sacral ou convexidade posterior sacral (DANGELO & FATTINI, 2002). Estuda-se mais detalhadamente a região lombo-sacral, devido a sua importância especial no controle de tronco. Deve-se ainda lembrar que a coluna vertebral representa o sistema de proteção ósseo da medula espinhal, e o conhecimento da relação vértebro-medular tem grande importância clínica (COSENZA, 1998; MACHADO, 2002).

#### Disco intervertebral

O disco intervertebral está presente entre os corpos vertebrais em todos os níveis da coluna vertebral, exceto entre a primeira e segunda vértebras cervicais. É constituído externamente pelo anulo fibroso, que é formado por anéis concêntricos de colágeno, dispostos em várias direções, e internamente pelo núcleo pulposo, que é um gel visco-elástico constituído de cerca de 80% de água e proteínas. Um pouco desta água é perdida durante o dia devido a compressão dos discos, pelo fato de se ficar de pé ou andar, o que é recuperada durante o sono. O disco intervertebral pode degenerar com a idade ou por sobrecargas repetidas, isto ocorre principalmente na região lombar pelo fato de estar sujeita a maiores forças (OKUNO & FRATIN, 2003). É importante lembrar, que o disco intervertebral, por si só, pode representar uma fonte intrínseca de dor, originada por distúrbios químicos ou mecânicos. Tem sido estabelecido que o disco intervertebral é inervado, possui mecanorreceptores e terminações nervosas livres e portanto, existe potencial fonte de dor, especialmente na parte externa, ou seja, no anulo fibroso (HOLM *et al*, 2002; LUNDON & BOLTON, 2001; ROBERTS *et al*, 1995).

#### Ligamentos vertebrais

Segundo DANGELO & FATTINI (2002), a coluna vertebral é um complexo articular fortemente estabilizado por diversos ligamentos, onde os mais importantes são: ligamentos dos corpos vertebrais, o ligamento longitudinal anterior (ao longo da região anterior dos corpos vertebrais) e o ligamento longitudinal posterior (ao longo da região posterior dos corpos vertebrais); os ligamentos dos arcos vertebrais que são, o ligamento flavo ou amarelo (entre as lâminas vertebrais), ligamento interespinhal (entre os processos espinhosos adjacentes) e o ligamento supraspinhal (entre os ápices dos processos espinhosos). Estes ligamentos vertebrais recebem inervação sensitiva por ramos da raiz posterior dos nervos espinhais em seus níveis, e estão envolvidos em respostas musculares reflexas estabilizadoras na região lombar (SOLOMONOW *et al*, 1998; STUBBS *et al*, 1998).

#### Articulações zigoapofisárias na região lombar

São articulações sinoviais planas, com superfícies articulares revestidas por cartilagem hialina e hermeticamente fechadas por suas cápsulas articulares, ocorrem entre os processos articulares de vértebras adjacentes ao nível lombar (CAMPOS, 2002). Estas articulações guiam mecanicamente os movimentos segmentares da coluna e recebem inervação sensorial derivadas dos ramos posteriores dos nervos espinhais junto com o discos intervertebrais. Para as estruturas vertebrais descritas, existem inervação segmentar originada dos nervos espinhais (HOLM *et al*, 2002). Porém, segundo HIGUCHI & SATO (2002) parece ainda haver uma contribuição não-segmentar, via nervos simpáticos que alcançam estas estruturas e contribuem para propriocepção.

#### Articulações sacro-ilíacas

Estas articulações possuem nos dois terços posteriores um forte ligamento intrínseco, chamado de ligamento sacro-ilíaco interósseo, caracterizando nesta região uma articulação fibrosa; no terço anterior da articulação, existe cápsula articular, portanto, caracterizando aí, uma parte sinovial plana (DANGELO & FATTINI, 2002). A inervação predominante é feita pelas raízes nervosas de L4-S1, porém, tem se mostrado uma contribuição dos ramos dorsais de S1-S4, caracterizando uma articulação com rica inervação sensitiva (IKEDA, 1991).

#### Musculatura do tronco

Na região posterior estão os músculos paravertebrais: na camada superficial, os eretores da coluna: *Iliocostais Lombar e Torácico, Dorsal Longo e Espinhal*. Ainda na região posterior, merece menção, os músculos *Multífidos*, da camada intermediária, que são importantes estabilizadores da coluna vertebral, estes músculos são bastante desenvolvidos na região lombar. Os músculos pós-vertebrais profundos são pouco conhecidos, e suas funções ainda não totalmente esclarecidas (DANGELO & FATTINI, 2002).

Também com grande importância para o controle de tronco são os músculos da parede ântero-lateral: os *Retos do Abdome, Obliquos externos, Obliquos Internos e Transversos do Abdome* (CAMPOS, 2002).

As funções dos músculos do tronco são na maioria das vezes complexas, pois muitas vezes, necessitam realizar simultaneamente, estabilização e ainda permitir mobilidade ao tronco (BOGDUK *et al*, 1992; KAIGLE *et al*, 1995).



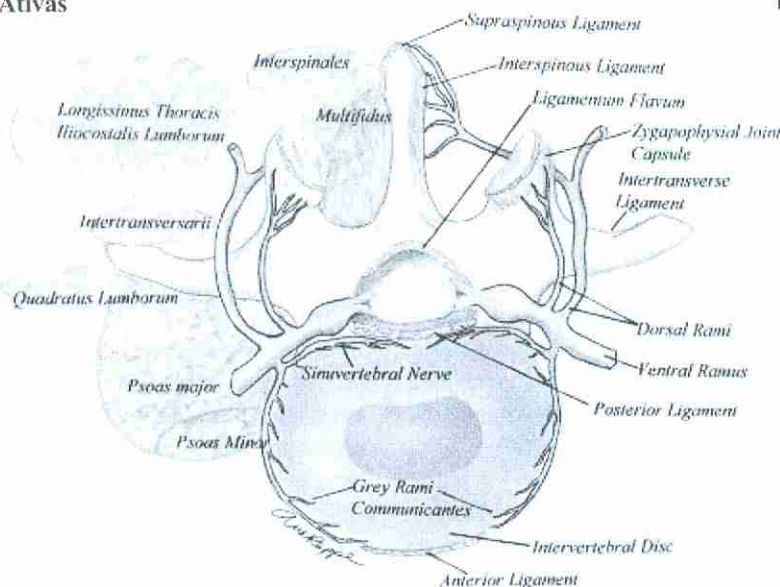
Na Figura 1 mostra-se um desenho esquemático das principais estruturas ativas e passivas no nível lombar.

Embora básicas, as considerações anatômicas descritas anteriormente, são fundamentais para a compreensão das

estruturas morfológicas do tronco, bem como, do comportamento destas estruturas diante do controle exercido pelo sistema nervoso. Os mais importantes aspectos neurofisiológicos implicados no controle do tronco serão revisados no próximo tópico.

### Estruturas Ativas

### Estruturas Passivas



Fonte: HOLM *et al*, 2002

FIGURA 1 – Desenho esquemático do arranjo estrutural e inervação sensitiva no nível L3-L4.

### Controle do tronco – aspectos neurofisiológicos

Neste tópico, são abordados os aspectos neurofisiológicos mais importantes envolvidos no controle do tronco, mostrando a interação neuromuscular entre as estruturas vertebrais, o controle neural implicado no tronco e as relações entre a estabilidade postural e o equilíbrio.

### Interação neuromuscular entre as estruturas vertebrais

HOLM *et al* (2002) conduziram um estudo experimental em porcos com estimulação elétrica do anulo fibroso do disco intervertebral e da articulação zigoapofisária, esta estimulação desencadeou respostas segmentares reflexas dos músculos multifídios na região lombar. Os mesmos autores injetaram anestésico local dentro das articulações zigoapofisárias e sacro-iliacas, verificando o efeito do estiramento mecânico das cápsulas articulares, e verificaram respostas semelhantes àquelas frente a estimulação elétrica. Observaram ainda que, a estimulação elétrica do anulo fibroso, induziu respostas nos músculos multifídios em níveis múltiplos e respostas contralaterais ao local estimulado, a estimulação da cápsula da articulação zigoapofisária, induziu respostas semelhantes, porém, no nível segmentar e homolateral. O estudo destes autores indica uma possível estabilização reflexa destes músculos diante de possíveis lesões das estruturas passivas da coluna lombar, restringindo a mobilidade e provavelmente, gerando dor. INDAHL *et al* (1999), conduziram um estudo semelhante, também com porcos, onde estimularam eletricamente a parte ventral da articulação sacro-iliaca, e observaram respostas eletromiográficas predominantes em ambos os músculos glúteos máximos, quadrados lombares e também, nos músculos multifídios, sugerindo um papel interativo das articulações sacro-iliacas, envolvendo musculatura glútea e paravertebral, pois tais

grupos musculares desempenham papel importante no controle locomotor e postural.

HOLM *et al* (2002) verificaram também reflexos evocados a partir de estímulos elétricos e por distensão mecânica sobre os ligamentos supraspinhais de porcos, e observaram respostas eletromiográficas nos músculos multifídios, com eletrodos de agulha nos níveis de L3, L4 e L5 bilateralmente. Quando as estimulações elétrica e mecânica foram feitas sem estabilização segmentar, as respostas ocorreram também em níveis adjacentes ao estimulado, e quando a distensão do ligamento foi feita estabilizando segmentarmente a coluna, as amplitudes de respostas eletromiográficas foram inferiores àquelas com os segmentos livres.

Embora a função óbvia destes ligamentos vertebrais seja de estabilização e suporte, estas evidências quanto a rica inervação sensitiva, sugere um papel mais complexo, parecendo haver um envolvimento deste ligamentos, no controle de carga e movimento dos diferentes segmentos vertebrais.

### Controle neural envolvido no controle do tronco

O funcionamento do sistema motor está intimamente relacionado aos sistemas sensoriais. A capacidade adaptativa de funcionamento do sistema motor depende do influxo contínuo de entradas sensoriais. As informações sensoriais influenciam a saída motora de muitas formas e em todos os níveis. As entradas sensoriais para a medula espinhal disparam respostas reflexas. Isto também é essencial para determinação dos padrões de respostas voluntárias. Finalmente, as informações sensoriais, especialmente as proprioceptivas, como aquelas dos discos intervertebrais, cápsulas das articulações zigoapofisárias e dos ligamentos vertebrais,



desempenham papel decisivo no recrutamento ótimo dos músculos paravertebrais, isto provê condições adequadas para os ajustes antecipatórios e compensatórios do controle postural e de equilíbrio do tronco (LUNDY-EKMAN, 2000).

Dentre as vias neurais descendentes com importância especial no controle de tronco, estão o *trato vestibulo-espinhal*, que origina-se nos núcleos vestibulares no tronco encefálico, lembrando que estes núcleos recebem aferências do sistema vestibular. Outro trato descendente importante é o *trato retículo-espinhal*, com origem na formação reticular pontina do tronco encefálico. A Formação Reticular recebe aferências de diversas áreas do sistema nervoso central. Estes dois tratos descendentes, influenciam os motoneurônios do grupo ventro-medial da coluna anterior da substância cinzenta da medula espinhal. Estes motoneurônios agem sobre os músculos axiais, estando portanto, envolvidos com o controle postural e equilíbrio (BEAR *et al*, 2001; COSENZA, 1998). Merece ainda menção, o trabalho de NOWICHY *et al* (2001), onde foi verificado uma contribuição do *trato córtico-espinhal* para os músculos eretores da coluna vertebral em humanos.

### Estabilidade postural e equilíbrio

O tronco por ser a parte central do corpo humano, conecta pescoço e cabeça e os membros. Representa parte fundamental na estabilidade postural e equilíbrio. Uma intrincada contribuição multissensorial, integração de várias partes do sistema nervoso e elaboração de respostas motoras complexas, são necessárias para manutenção destas funções, como serão explanados na sequência do trabalho.

Para LUNDY-EKMAN (2000) três sistemas sensoriais são cruciais para a estabilidade postural e o equilíbrio. Os sistemas vestibular, proprioceptivo e o visual. Estes sistemas sensoriais provêm informações relativas ao “endireitamento” ou falta de “endireitamento”, ou seja, a posição em relação à gravidade e ao meio ao redor.

Segundo COHEN (2001), o sistema vestibular provê informações relativas a posição da cabeça em relação a gravidade e aos movimentos lineares e rotatórios da cabeça. O sistema proprioceptivo, especialmente aquelas informações associadas as articulações e músculos axiais, fornecem informações sobre os movimentos e posições do corpo e dos segmentos corporais. Também são importantes as informações oriundas das regiões plantares. O sistema visual provê informações sobre a posição do corpo em relação ao meio externo, dando informação global do corpo, suas partes e o meio no qual se encontra.

Estes três sistemas sensoriais possibilitam que o sistema nervoso central (SNC) intacto produza posturas apropriadas, que são bastante dinâmicas. Pois alteram-se constantemente, mesmo com discretas perturbações. São utilizadas nos mecanismos de ajustes antecipatórios, na previsão e antecipação para responder à perturbações futuras, e nos ajustes compensatórios, envolvendo respostas diante de perturbações atuais do equilíbrio. Postura “estável”, não significa “imóvel” ou fixa, e portanto, a estabilidade postural e equilíbrio, devem ser interpretadas a luz da dinâmica, não da estática (SMITH *et al*, 1997).

Em crianças até 2 anos de idade a visão desempenha um pequeno papel na estabilidade postural. O papel visual gradativamente aumenta em importância nos adultos das idades de 20 a 60 anos, quando a estabilidade diminui 30%

quando os olhos são fechados. Naqueles acima de 60 anos de idade, 50% da estabilidade é perdida com o fechamento dos olhos, assim tornando a visão um fator importante no equilíbrio do idoso. As crianças aproximam-se dos valores adultos de estabilidade postural pelas idades de 12 a 15 anos, mas existem uma alta variabilidade até a idade adulta (SMITH *et al*, 1997).

Nota-se que o sistema nervoso é provido constantemente de informações sensoriais visuais, vestibulares, proprioceptivas e exteroceptivas. Estas informações, fornecem subsídios suficientes para que os centros nervosos possam elaborar as mais adequadas respostas posturais e de equilíbrio.

Após as considerações anatômicas e neurofisiológicas terem sido descritas, faz-se necessário discutir alguns aspectos da biomecânica do tronco.

### Biomecânica do tronco

A coluna vertebral humana é uma complexa estrutura que tem como funções, proteger a medula espinhal e transferir cargas da cabeça, pescoço e tronco à pelve. Possui a fantástica característica de combinar estabilidade com mobilidade. Os discos intervertebrais e ligamentos, provêm estabilidade intrínseca e os músculos dão suporte extrínseco. Nesta etapa do trabalho serão descritos os aspectos da cinemática e cinética da coluna lombar.

### Cinemática

O segmento de movimento, considerado como unidade funcional da coluna vertebral, consiste em duas vértebras e seus tecidos moles associados. A porção anterior é formada por dois corpos vertebrais superpostos, o disco intervertebral e os ligamentos longitudinais. A porção posterior compreende os arcos vertebrais correspondentes, as articulações intervertebrais formadas pelas facetas, os processos espinhosos e transversos e os ligamentos: flavos, interespinhosos e supraespinhosos. A porção anterior, formada pelos corpos vertebrais é projetada para sustentar principalmente cargas compressivas e por isso, os corpos vertebrais são progressivamente maiores na direção caudal da coluna vertebral, assim, os corpos vertebrais lombares são maiores que os da região torácica, que por sua vez, são maiores que os da região cervical (DANGELO & FATTINI, 2002; ENOKA, 2000).

O disco intervertebral é formado para sua dupla função, capacidade de sustentação e distribuição de cargas, portanto, possui grande importância funcional e mecânica. Na sua parte externa está o ânulo fibroso, composto de fibrocartilagem, com um arranjo em xadrez de grosseiros feixes de fibras colágenas dentro da fibrocartilagem, permitindo-o suportar altas cargas torcionais e tangenciais (OKUNO & FRATIN, 2003).

A porção posterior do segmento de movimento serve como guia para seus movimentos, eles ocorrem de acordo com a orientação das facetas das articulações intervertebrais em relação aos planos transversos e frontal. Esta orientação das facetas articulares mudam em relação as diferentes regiões da coluna. Assim, na região cervical, estão orientadas à 45° ao plano transversos e paralelas ao plano frontal, exceto na região cervical alta (C1 e C2) que estão paralelas no plano transversos; na região torácica, 60° no plano transversos e 20° no plano



frontal; e na região lombar, 90° no plano transversal e 45° no frontal. Os processos espinhos e transversos servem como locais de inserção para musculatura paravertebral, responsáveis pela mobilidade da coluna e estabilidade extrínseca.

Assim como em outras articulações, os movimentos da coluna vertebral dependem da ação coordenada do sistema neuromuscular. Em geral a coluna vertebral permite movimentos nos três eixos. Os movimentos são de flexão, extensão, inclinações laterais e rotações. Estes movimentos ocorrem em praticamente todos os níveis da coluna, porém com alcance de movimento particular para cada região. As regiões cervical e lombar, permitem maiores amplitudes de movimento para flexão e extensão (até a 20°). As inclinações laterais são maiores nas regiões cervical e torácica baixa (até 10°). As rotações são maiores nas regiões torácicas altas e na região cervical (0° a 10°) e extremamente reduzidas na região lombar (até 2°). O alcance de movimento é altamente idade-dependente, diminuindo em torno de 30% da juventude até a vida adulta avançada, embora com a idade, a perda do alcance do movimento é notada na flexão e na inclinação lateral, enquanto o movimento de rotação se mantém mais preservado (McGILL *et al*, 1999).

O'SULLIVAN *et al* (2002), estudaram através de eletromiografia, músculos abdominais e paravertebrais do tronco, 20 adultos saudáveis em quatro posturas diferentes: sentado e em pé alinhados (posturas ativas) e sentado e em pé em posturas desleixadas (posturas passivas). Os achados revelados por eletromiografia indicaram que estes músculos estão ativos nas posturas ativas com alinhamento do corpo, e exibem diminuição da atividade eletromiográfica nas posturas passivas (desleixadas).

O movimento pélvico também deve ser considerado quando estuda-se o tronco devido à cooperação deste para aumentar o alcance do movimento funcional do tronco. A transferência de carga da coluna para pelve ocorre através das articulações sacro-ilíacas. Estudos biomecânicos sugerem que estas articulações funcionam principalmente como amortecedores de choques e são importantes na proteção das articulações intervertebrais. Quando carregadas *in vivo*, as articulações sacro-ilíacas exibem três movimentos dimensionais com abertura de rotação da articulação de 0,5° a 1,2° e rotação ântero-posterior do sacro alcançando de 0,3° a 0,6°; translação alcança de 0,5 a 0,9 mm.

### Cinética

O peso corporal, a gravidade e atividade muscular representam as fontes primárias de cargas sobre a coluna vertebral. As alterações nestas cargas são portanto, altamente dependentes da postura e atividade física. Existe grande influência das forças na coluna vertebral quando a postura é incorreta (ENOKA, 2000). A força dos músculos eretores da coluna diminui com o aumento do ângulo que a coluna faz com a horizontal, como resultado de fletir os joelhos e agachar para levantar peso. Quanto mais reta (vertical) ficar a coluna, maior é o ângulo e menor é a força muscular. O decréscimo é de 2,9 vezes se comparado as situações em que a inclinação da coluna em relação à horizontal passar de 10° para 70° independente da massa que carrega. Tal situação, faz também diminuir a força de contato de compressão sobre os discos intervertebrais lombares. Assim, verifica-se o quão importante

é para proteger nossa coluna e não agredir os discos intervertebrais, uma postura correta, que pode reduzir de 2,5 vezes a força muscular e de 1,9 vezes a força de contato ao passar a inclinação da coluna com a horizontal de 30° para 70° (OKUNO & FRATIN, 2003).

GRANATA & WILSON (2001) avaliaram através da eletromiografia de superfície, a influência da postura sobre a estabilidade vertebral. Verificaram que a co-contracção faz-se necessária, particularmente nas posturas em pé, e com o aumento do ângulo de flexão do tronco, a estabilidade aumenta, porém, a carga vertebral torna-se muito grande. Seus resultados indicam que os padrões de recrutamento muscular são mais precisamente explicados pela estabilidade do que pelo equilíbrio somente, e ainda, que o controle da estabilidade vertebral está reduzida em posturas assimétricas, predispondo aos riscos de distúrbios da coluna lombar. GRANATA *et al* (2000) estudaram a relação custo-benefício da utilização de co-contracção muscular na proteção contra a instabilidade vertebral e verificaram ser considerada benéfica, quando a estabilidade é maior do que a carga vertebral, ou seja, a co-contracção aumenta a estabilidade, mas também aumenta simultaneamente a compressão vertebral.

GEDALIA *et al* (1999) avaliaram a estabilização muscular reflexa (músculos multifídios) da coluna lombar em gatos. Os animais foram submetidos a progressivo aumento de carga vertebral. A força muscular dos músculos agonistas e antagonistas aumentaram progressivamente. A força de co-ativação dos músculos multifídios evocada por mecanorreceptores em estruturas visco-elásticas vertebrais foi diminuindo drasticamente com o início da frouxidão destas estruturas, sugerindo que a frouxidão nas estruturas visco-elásticas da coluna lombar, dessensibiliza os mecanorreceptores e causa perda da força estabilizadora dos músculos multifídios.

No estudo de padrões de ativação sinérgica da musculatura lombar, STOKES & GARDNER-MORSE (2001), observaram através de eletromiografia, que durante as estratégias para manter a estabilidade do tronco, existe maior atividade antagonista durante os menores esforços do que durante os maiores esforços, isto indica que, as estratégias de ativação muscular eficientemente limitam as forças intervertebrais e deslocamentos, e que as atividades musculares aumentadas, não necessariamente aumentam a estabilidade vertebral. CALLAGHAM & MCGILL (2001), estudaram 8 sujeitos saudáveis com o objetivo de examinar o carregamento e o padrão de ativação dos músculos do tronco na posição sentada e em pé, confrontaram estes dados com a cinemática do tronco, e observaram que a posição sentada resultou em aumento significativo da carga compressiva sobre a coluna lombar e incremento da ativação dos músculos paravertebrais, quando comparada a postura em pé.

### Controle do tronco – implicações na lombalgia

Segundo EBENBICHLER *et al* (2001) a dor lombar é um problema incapacitante e muito comum, e faltam evidências científicas quanto ao tratamento e reabilitação. MARRAS *et al* (2000) verificaram que diversos fatores individuais, físicos e psicossociais contribuem para os distúrbios da região lombar. BAYRAMOGLU *et al* (2001) afirmam que a obesidade e a diminuição da força muscular



do tronco estão diretamente relacionados com os quadros de lombalgia crônica. Para BRUMAGNE *et al* (2000) os pacientes com lombalgia crônica apresentam déficit proprioceptivo (alteração no sentido de posição) quando comparados a indivíduos normais, e isto deve-se as alterações das aferências dos fusos musculares paravertebrais e do processamento destas informações.

RADEBOLD *et al* (2001), avaliaram o controle postural sentado numa prancha instável em 16 pacientes com lombalgia crônica e 14 sujeitos saudáveis. Mensuraram os deslocamentos do centro de pressão em plataforma de força e eletromiografia de superfície dos músculos do tronco, e concluíram que os pacientes com lombalgia crônica apresentam pobre controle postural da coluna lombar e tempos de respostas musculares aumentados. LEINONEN *et al* (2002), utilizaram a plataforma de força e potenciais evocados motores e sensitivos para avaliar a estabilidade postural de 20 pacientes com estenose da coluna lombar. Os pacientes exibiram ajustes posturais retardados e potenciais evocados motores e sensitivos anormais, indicando comprometimento proprioceptivo nos ajustes posturais do tronco.

SELLES *et al* (2001), realizaram um estudo cinemático da marcha em pacientes com lombalgia crônica e observaram uma diminuição na velocidade confortável da marcha quando comparado aos sujeitos normais. A maioria dos pacientes também não foi capaz de estabelecer um padrão coordenado entre tórax e pelve e entre os membros, caracterizando distúrbio na rotação do tronco com assimetria nas fases da marcha entre os lados direito e esquerdo. Esta estratégia comportamental, parece estar relacionada a uma atitude de resguardo muscular para aumentar a estabilidade vertebral e diminuir a dor.

HODGES *et al.* (2001), investigaram as alterações no recrutamento dos músculos do tronco através da eletromiografia em pessoas com e sem lombalgia crônica. Monitoraram os músculos deltóide e abdominais superficiais durante a tarefa de fletir ou abduzir o braço frente ao comando. Nos sujeitos controle, o tempo de reação do deltóide e abdominais aumentavam com a complexidade da tarefa, enquanto o tempo de reação do músculos transversos abdominal foi constante. Porém, nos sujeitos com lombalgia crônica, o tempo de reação do músculo transversos abdominal aumentou junto com os outros músculos com a complexidade da tarefa, indicando uma alteração no padrão de respostas posturais antecipatórias.

Outros autores tem se preocupado com pacientes com lombalgia por hérnia discal. HAKKINEN *et al* (2003) conduziram um estudo durante dois meses, envolvendo 30 pacientes submetidos à cirurgia de hérnia discal e 30 sujeitos normais como controle. Avaliaram a força isométrica para flexão, extensão e rotação do tronco. Os sujeitos normais mostraram 44% mais força muscular e realizaram 70% mais repetições do que os pacientes operados. Não houve correlação entre o nível de dor e os valores de força. LEINONEN *et al* (2003) avaliaram o efeito da cirurgia para hérnia discal (dissectomia) sobre o controle postural, a percepção lombar e ativação reflexa dos músculos paravertebrais durante cargas súbitas nos membros superiores. Selecionaram 20 pacientes submetidos à dissectomia e 15 sujeitos controle. Os resultados demonstraram alterações em todos os aspectos estudados. Durante o seguimento no pós-operatório, a alteração no

controle postural não se modificou, porém, a propriocepção lombar e o controle antecipatório dos músculos paravertebrais recuperaram.

### Considerações Finais

Cabe ressaltar, o crescente interesse dos pesquisadores e clínicos, na investigação do papel do tronco nas funções do aparelho locomotor, e no desafio que representa entender e tratar as manifestações clínicas frequentes envolvendo o tronco, tal como a lombalgia.

Com esta revisão, buscou-se enfatizar os aspectos anatômicos, neurofisiológicos e biomecânicos envolvidos no controle do tronco, fazendo ao final, uma relação com a lombalgia, esta condição mórbida tão comum na prática clínica.

Estas informações levantadas, podem ser utilizadas pelos profissionais de reabilitação, em suas práticas clínicas, nos processos de avaliação e planejamento de tratamento, podendo assim contribuir, para uma melhor investigação clínica dos pacientes e consequentemente na escolha dos recursos terapêuticos disponíveis.

### Referências Bibliográficas

- BAYRAMOGLU, I.M. *et al.* Isokinetic measurement of trunk muscle strength in women with chronic low back pain. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, 80:650-655, 2001.
- BEAR, M.F.; CONNORS, B.W.; PARADISO, M.A. *Neuroscience – Exploring the Brain*. 2. ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 2001. 855 p.
- BOGDUK, N.; MACINTOSH, J.E.; PEARCY, M.J. A universal model of the lumbar back muscles in upright position. *Spine*, 17: 897-913, 1992. *Abstract-MEDLINE*
- BRUMAGNE, S. *et al.* The role of paraspinal muscle spindles in lumbosacral position sense in individuals with and without low back pain. *Spine*, 25:989-994, 2000. *Abstract-MEDLINE*
- CALLAGHAN, J.P.; Mc GILL, S.M. Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics*, 44: 280-294, 2001.
- CAMPOS, M.A. *Exercícios abdominais*. Rio de Janeiro: Sprint, 2002. 255 p.
- COHEN, H. *Neurociência para Fisioterapeutas*. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001. 494 p.
- COSENZA, R.M. *Fundamentos de Neuroanatomia*. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1998. 143 p.
- DANGELO, J.G.; FATTINI, C.A. *Anatomia Básica dos Sistemas Orgânicos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2002. 493 p.
- ENOKA, R.M. *Bases Neuromecânicas da Cinesilogia*. 2 ed. São Paulo: Manole, 2000. 450 p.
- EBENBICHLER, G.R. *et al.* Sensory-motor control of the lower back: implications for rehabilitation. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33(11): 1889-1898, 2001.
- GEDALIA, U.B.S. *et al.* Biomechanics of increased exposure to lumbar injury caused by cyclic loading: Part 2. Recovery of reflexive muscular stability with rest. *Biomechanics*, 24(23): 2461-2469, 1999. *Abstract-MEDLINE*
- GRANATA, K.P.; MARRAS, W.S.; WILLIAN, S. Cost-benefit of muscle cocontraction in protecting against spinal instability. *Occupat. Health/ Ergon.*, 25(11):1398-1404,2000. *Abstract-MEDLINE*



- GRANATA, K.P.; WILSON, S.E. Trunk posture and spinal stability. *Clin. Biomech.*, 16:650-659, 2001.
- HAKKINEN, A. *et al.* Trunk muscle strength in flexion, extension, and axial rotation in patients managed with lumbar disc herniation surgery and in healthy control subjects. *Occupat. Health/ Ergon.*, 28(10): 1068-1073, 2003. Abstract-MEDLINE
- HIGUCHI, K.; SATO, T. Anatomical study of lumbar spine innervation. *Folia Morphol.*, 61:71-79, 2002. Abstract-MEDLINE
- HODGES, P.W. Changes in motor planning of feedforward postural responses of the trunk muscles in low back pain. *Exp. Brain Res.*, 141:261-266, 2001. Abstract-MEDLINE
- HOLM, S.; INDAHL, A.; SOLOMONOW, M. Sensorimotor control of the spine. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 12: 219-234, 2002.
- IKEDA, R. Innervation of the sacroiliac joint. Macroscopical and histological studies. *J. Nippon Medical School*, 58: 587-596, 1991. Abstract-MEDLINE
- INDAHL, A. *et al.* Sacroiliac joint involvement in activation of the porcine spinal and gluteal musculature. *J. Spinal Disord.*, 12: 325-330, 1999.
- KAIGLE, A.M.; HOLM, S.; HANSSON, T. Experimental instability in the lumbar spine. *Spine*, 20:421-430, 1995. Abstract-MEDLINE
- LEINONEN, V. *et al.* Impaired lumbar movement perception in association with postural stability and motor and somatosensory-evoked potentials in lumbar spinal stenosis. *Spine*, v. 27, p. 975-83, may. 2002.
- LEINONEN, V. *et al.* Lumbar spinal muscle function, perception of lumbar position, and postural control in disc herniation-related back pain. *Occupat. Health/ Ergon.*, 28(8): 842-848, 2003. Abstract-MEDLINE
- LUNDON, K.; BOLTON, K. Structure and function of the lumbar intervertebral disc in health, aging, and pathologic conditions. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 31:291-303, 2001.
- LUNDY-EKMAN, L. *Neurociência – Fundamentos para a Reabilitação*. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2000. 347 p.
- MACHADO, A.M.B. *Neuroanatomia Funcional*. 2.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2002. 363 p.
- MCGILL, S.M.; YINGLING, V.R.; PEACH, J.P. Tree-dimensional kinematics and trunk muscle myoelectric activity in the elderly spine – a database compared to young people. *Clin Biomechanics*, v. 14, p. 389-95, 1999.
- MARRAS, W.S. *et al.* The influence of psychosocial stress, gender, and personality on mechanical loading of the lumbar spine. *Biomechanics*, 25(23): 3045-3054, 2000. Abstract-MEDLINE
- NORDIN, M.; FRANKE, V.H. *Biomecânica básica do sistema musculoesquelético*. 3.ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2003. 401 p.
- NOWICHY, A.V. *et al.* Corticospinal control of human erector spinal muscles. *Motor Control*, 5: 270-280, 2001.
- OKUNO, E.; FRATIN, L. *Desvendando a Física do Corpo Humano – Biomecânica*. São Paulo: Manole, 2003. 202 p.
- O'SULLIVAN, P.B. *et al.* The effect of different standing and sitting postures on trunk muscle activity in a pain-free population. *Spine*, 27(11), p. 1238-44, nov. 2002.
- RADEBOLD, A. *et al.* Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. *Spine*, 26:724-730, 2001.
- ROBERTS, S.M. *et al.* Mechanoreceptors in intervertebral discs. *Spine*, 20:2645-2651, 1995. Abstract-MEDLINE
- SELLES, R.W. *et al.* Disorders in trunk rotation during walking in patients with low back pain: a dynamical systems approach. *Clin. Biomech.*, 16:175-181, 2001.
- SMITH, L.K. *et al.* *Cinesiologia Clínica de Brunnstrom*. 5.ed. São Paulo: Manole, 1997. 538 p.
- SOLOMONOW, B. *et al.* The ligamento-muscular stabilizing system of the spine. *Spine*, 23:2552-2562, 1998.
- STOKES, I.A.; GARDNER-MORSE, M. Lumbar spinal muscle activation synergies predicted by multi-criteria cost function. *J. Biomech.*, 34:733-740, 2001.
- STUBBS, M. *et al.* Ligamento-muscular protective reflex in the lumbar spine of the feline. *J. Electromyogr. Kinesiol.*, 8:194-202, 1998.

Recebido para publicação em: 15/07/2003.

Received for publication on 15 July 2003.

Aceito para publicação em: 21/01/2004.

Accepted for publication on 21 January 2004.