

João Vitor Faria Nogueira

**COORDENAÇÃO ENTRE TRONCO E PELVE E ATIVAÇÃO
MUSCULAR EM INDIVÍDUOS COM DOR LOMBAR:
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

2011

João Vitor Faria Nogueira

**COORDENAÇÃO ENTRE TRONCO E PELVE E ATIVAÇÃO
MUSCULAR EM INDIVÍDUOS COM DOR LOMBAR:
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Monografia apresentada ao Curso Especialização em Fisioterapia Ortopédica da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fisioterapia Ortopédica.

Orientador: MSc. Renan Alves Resende

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
2011

RESUMO

Introdução: Indivíduos com DL exibem padrão de marcha anormal, caracterizada por menor variabilidade de movimentos do tronco, menor comprimento da passada, maior largura de passo e CTP deficiente, o que pode comprometer a amplitude de movimento (ADM) da marcha. Essas alterações na coordenação da marcha podem reduzir a capacidade de lidar com perturbações inesperadas, tornando a coluna vertebral mais instável. Existem evidências de atividade atrasada da musculatura profunda do tronco em associação com movimentos de tronco e membros inferiores (MMSS) em pessoas com DL. Atividade atrasada da musculatura profunda do tronco indica um déficit de controle motor e é provável que favoreça a ineficiência muscular para estabilização da coluna vertebral. **Objetivo:** Realizar uma revisão da literatura para investigar fatores envolvidos em alterações da CTP, bem como modificações da ativação muscular desses componentes. **Método:** Foi conduzida uma revisão da literatura nas bases de dados Medline (Pubmed), Scielo e Lilacs. Não houve restrições referentes à data de publicação dos artigos, idade e sexo dos participantes dos estudos. Foram selecionados apenas artigos contendo como objetivo principal as alterações da CTP e musculares da região lombar. **Resultados:** Foram encontrados 45 artigos. Estudos que não focavam em alterações musculares relacionados à DL foram excluídos. Ao final, foram utilizados 16 estudos relacionados à CTP e recrutamento muscular, e três sobre conceito e epidemiologia da DL. **Conclusão:** Indivíduos com DL tendem a permanecer em padrão em-fase entre tronco e pelve com o aumento da velocidade de marcha, sendo que em indivíduos saudáveis, esse padrão é modificado para antifase, para otimizar a mecânica da marcha. A ativação muscular profunda de tronco e pelve para a realização de movimentos corporais é importante para o ganho de estabilidade da coluna lombar, evitando um padrão de uso incorreto da musculatura de tronco.

Palavras-chave: dor lombar, marcha, coordenação, fisioterapia.

ABSTRACT

Introduction: Individuals with LBP exhibit an abnormal gait pattern, characterized by lower variability of trunk movements, reduced stride length, increased step width and TPC deficient, which can compromise the range of motion (ROM) of the gait. The changes in the coordination of gait can reduce the ability to handle unexpected disruptions, resulting in instability of the spine. There is evidence of activity behind the deep muscles of the trunk in association with movements of the trunk and upper limbs in people with LBP. Delayed activity of the deep muscles of the trunk indicates a deficit of motor control and the chance to result in inefficient muscular stabilization of the spine. **Objective:** Conduct a literature review to investigate factors involved in changes in the TPC, as well as changes in muscle activation of these components. **Method:** We conducted a review of the literature in Medline (Pubmed), Scielo and Lilacs. There were no restrictions regarding the date of publication of articles, age and sex of study participants. We selected only articles containing changes in TPC and activity of the lower back muscles as main purpose. **Results:** We found 45 studies. Studies not focused on changes related to the LBP muscle were excluded. At the end, 16 studies related to TPC and muscle recruitment, and three on the concept and epidemiology of pain were used in the review. **Conclusion:** Individuals with LBP tend to stay in standard in-phase of trunk and pelvis with increasing walking speed, and in healthy individuals, this pattern is modified to antiphase, thus improving body mechanics. The deep trunk muscle activation and pelvis to perform body movements is important to gain stability of the lumbar spine, avoiding a pattern of misuse of the trunk muscles.

Keywords: back pain, gait, coordination, physiotherapy

LISTA DE SIGLAS

DL – dor lombar

CTP – coordenação entre tronco e pelve

ADM – amplitude de movimento

MMSS – membros superiores

SNC – sistema nervoso central

TrA – músculo transverso do abdômen

DLA – dor lombar aguda

HDL – hérnia de disco lombar

MEE – músculo eretor espinhal

EMG – eletromiografia

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
2. MÉTODO.....	9
3. RESULTADOS.....	9
4. DISCUSSÃO.....	10
5. CONCLUSÃO.....	16
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
7. APÊNDICE – Quadro de apresentação dos artigos.....	20
Tabela 1.....	20
Tabela 2.....	21
8. ANEXOS – Figuras 1 e 2.....	23

1 INTRODUÇÃO

A dor é uma unidade incondicionada em decorrência a respostas comportamentais que ocorrem no corpo humano (DE PEUTER *et al*, 2011). Dor lombar (DL) é um sintoma que pode ser sinal de várias condições que afetam estruturas na região lombar. Parte do mistério da DL vem do desafio de diagnóstico para determinar a sua causa em um sistema mecânico e bioquímico de várias partes. Lesões nos músculos e ligamentos podem contribuir, assim como processos degenerativos nas articulações ou discos (DEYO, 1998), para agravar as incapacidades, desafiando ainda mais a eficácia das estratégias de reabilitação (DUDGEON *et al*, 2005). Devido à sua natureza incapacitante, DL é um dos fenômenos mais estudados e sua prevalência na população geral varia entre 11% e 40%, sendo que até 85% dos pacientes com DL não possuem um diagnóstico definitivo (DEYO, 1998).

Estudos têm analisado fatores biomecânicos relacionados ao surgimento da DL como mudanças na coordenação entre tronco e pelve (CTP) (LAMOTH *et al* 2002, 2002b; LAMOTH *et al* 2006, 2006b; LAMOTH *et al* 2008; HUANG *et al* 2011; SEAY *et al* 2011, 2011b) e modificações da ativação muscular de tronco e pelve (HODGES *et al* 1996; HODGES *et al* 1999; HODGES *et al* 2003; TSAO *et al* 2010; THOMAZ *et al* 2007; NIELSEN *et al* 1995; LEE *et al* 2011). Em relação à CTP, é preciso saber que fase relativa entre cinturas escapular e pélvica é usada para mensurar sua dissociação, sendo que fase relativa no plano transversal de 180 ou -180 ° indica uma coordenação em antifase (pelve e tórax rodam em direções opostas), enquanto uma fase relativa de 0° indica nenhuma diferença de fase, sendo chamada de em-fase (pelve e tórax rodando em uma mesma direção) (Figura 1). Durante a marcha normal, a CTP transversal evolui a partir de em-fase para uma coordenação mais antifase, com o aumento da velocidade de marcha (LAMOTH *et al*, 2002). Indivíduos com DL encontram dificuldades em ajustar esse padrão de fase relativa, sendo que, com o aumento da velocidade de marcha, o indivíduo tende a permanecer mais em-fase, retardando a passagem para o padrão em antifase (LAMOTH *et al*, 2002b).

Nesse contexto, a oscilação perfeitamente harmônica entre tronco e pelve manifestam-se como uma trajetória de movimento sinusoidal, sendo que as oscilações que envolvem harmonicidade mais alta não são estritamente harmônicas ou sinusoidais. Ao contrário da rotação pélvica, sendo mais propensa a sofrer alterações mediante a DL, a rotação torácica consiste de uma oscilação com maior harmonicidade (LAMOTH *et al*, 2002).

Movimentos da pelve são afetados por alterações no ciclo da marcha como, por exemplo, pelo contato inicial dos pés e por movimentos do membro contralateral em fase de balanço, podendo gerar alterações em rotação induzidas por diferenças na velocidade, comprimento e amplitude do passo, os quais podem afetar a progressão da fase de balanço. Na marcha normal, a habilidade para liberar o acoplamento pélve-tórax com velocidade crescente pode ser um pré-requisito para o estabelecimento de uma coordenação antifase. Assim, os problemas enfrentados por pacientes com DL em ajustar a relação de fase predominantemente em velocidades mais baixas e a coordenação antifase em velocidades mais altas pode ter sido relacionada ao bloqueio rígido entre pelve e rotações do tórax nesses pacientes (LAMOTH *et al*, 2002b).

Foi demonstrado, que indivíduos com DL exibem padrão de marcha anormal, caracterizada por menor variabilidade de movimentos do tronco, menor comprimento da passada, maior largura de passo, e CTP deficiente, o que pode comprometer a amplitude de movimento (ADM) das articulações durante a marcha. Como resultado, a marcha em indivíduos com DL pode exigir maior regulação cognitiva em comparação com indivíduos sem dor, podendo afetar o padrão de automatismo da marcha. (LAMOTH *et al*, 2008). A amplitude diminuída em indivíduos com alteração da CTP foi agravada sob a influência de atenção imposta pela demanda de uma tarefa, o que fornece novas evidências da forte regulação cognitiva da coordenação da marcha em indivíduos com DL. Essas alterações na coordenação da marcha podem reduzir a capacidade de lidar com perturbações inesperadas, e são, portanto, pouco adaptativas (LAMOTH *et al*, 2008). No momento, não está claro se as mudanças na CTP em DL crônica são um efeito direto da dor ou são mediadas por outros fatores como incapacidade e medo do movimento (LAMOTH *et al*, 2006b).

Em relação à ativação muscular de tronco e pelve, há um questionamento se DL leva a alterações musculares ou o surgimento de alterações musculares levam à DL, existindo provavelmente uma associação entre os fatores e não uma relação de causa e efeito unidirecional. O desafio do controle motor da região lombopélvica é imenso e deve servir para mover e controlar a coluna em uma variedade de ambientes e com uma complexa interação entre forças internas e externas (HODGES *et al*, 2003). Existem possíveis modificações para a mudança no recrutamento muscular descritas na literatura, incluindo alterações na excitabilidade da via motora, alterações sensoriais, (HODGES *et al*, 1999; HODGES *et al*, 2003; TSAO *et al*, 2010) fatores associados como estresse, alteração na atenção (ao realizar algum movimento) e aspectos relacionados com o medo da dor

(HODGES *et al*, 1999; HODGES *et al*, 2003). Especificamente em relação à alteração na atenção, a tarefa (palavras incongruentes ou movimento relacionados a palavras) induziu uma coordenação mais "rígida" em tronco e membros superiores (MMSS) no grupo com DL quando comparado com o grupo controle, indicando uma marcha mais restrita e menos flexível (LAMOTH *et al*, 2008).

Essas mudanças como marcha restrita e menos flexível levam a alterações no recrutamento muscular como diminuição da força e resistência dos músculos do tronco. Notadamente, os padrões de hiperatividade e hipoatividade são relatados e uma variedade de hipóteses têm sido desenvolvidas para explicar os efeitos e mecanismos de tais mudanças. A maioria das hipóteses disponíveis são amplamente consistentes com duas principais teorias que propõem: (i) mudanças na atividade muscular causam DL (tensão muscular ou modelo dor-espasmo-dor), ou (ii) mudanças na atividade muscular servem para restringir o movimento da coluna vertebral (modelo de adaptação à dor). Hipoteticamente, se a rigidez geral da coluna é aumentada, o Sistema Nervoso Central (SNC) pode perceber a demanda por 'ajuste fino', levando à atividade reduzida da musculatura intrínseca da coluna vertebral, apesar das consequências a longo prazo no potencial dessa estratégia. Após a resolução da dor, essa estratégia muscular adaptada pode não mais existir ou, na presença de medo da dor ou outro esforço, persistirem para a cronicidade. (HODGES *et al*, 2003; TSAO *et al*, 2010)

Existem evidências de atividade atrasada da musculatura profunda do tronco (principalmente multífidos e transversos abdominais (TrA)), em associação com movimentos de tronco e MMSS em pessoas com DL (HODGES *et al*, 2003). A contração do TrA contribui para o controle das forças associadas com movimentos dos membros, aumentando a rigidez da coluna lombar por meio do aumento da pressão intra-abdominal e tencionamento da fásia toracolombar. A proposta de aumentar a rigidez da coluna lombar, antecipando os movimentos dos membros limitariam forças rotacionais intersegmentais produzidas pela perturbação da coluna vertebral, podendo fornecer uma alavanca mais estável ao longo do qual outros músculos do tronco poderão agir. O atraso no início da contração de TrA indica um déficit de controle motor e a hipótese de resultar em ineficiência muscular para estabilização da coluna vertebral (HODGES *et al*, 1996). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura para investigar fatores envolvidos em alterações na CTP, bem como modificações na ativação muscular desses componentes.

2 MÉTODO

Este trabalho foi elaborado a partir de uma revisão da literatura nas bases de dados Medline (Pubmed), Scielo e Lilacs, no período de julho a setembro de 2011. As palavras-chaves utilizadas para a realização desta revisão foram: *low back pain*, *trunk-pelvis*, *coordination*, *gait* e *muscular coordination*. Esses descritores refletem a CTP e as alterações musculares presentes em indivíduos com DL. Os cruzamentos das palavras-chave foram: “low back pain” x “trunk-pelvis”, “low back pain” x “trunk-pelvis” x “coordination”, “low back pain” x “gait” e “muscular coordination” x “low back pain”. A mesma estratégia de busca foi utilizada em todos os bancos de dados pesquisados. Os termos foram pesquisados nos idiomas inglês, espanhol e português, e não houve restrições referentes à data de publicação dos artigos, idade e sexo dos participantes dos estudos.

3 RESULTADOS

O tema principal foi dividido em duas partes: alterações na CTP e alterações no recrutamento muscular, ambos em pacientes portadores de DL. Para os cruzamentos relacionados às alterações musculares em DL, foram encontrados 45 artigos. Inicialmente, como critério de inclusão, foram selecionados apenas artigos de interesse que elucidaram melhor o tema pesquisado, contendo como objetivo principal, as alterações musculares da região lombar. Estudos que não focavam em alterações musculares relacionados à DL não-específica, foram excluídos. Assim, dos 10 artigos selecionados, três foram excluídos. Para os cruzamentos relacionados à CTP, foram recrutados artigos focados em indivíduos com DL não-específica e apenas um com outro acometimento patológico da região lombar (Hérnia de disco). Apenas um artigo contendo amostra de voluntários sadios foi recrutado a fim de elucidar a mecânica normal da CTP; em outros artigos, a amostra era composta por indivíduos com DL e sadios; e alguns foram selecionados a partir das referências de outros estudos analisados, totalizando este último em três artigos. Ao todo, foram utilizados 16 estudos relacionados à CTP e recrutamento muscular, e três sobre o conceito e epidemiologia da dor. Nas tabelas 1 e 2 estão apresentados dados sobre os artigos abordados no estudo, com o tipo de amostra, a investigação do estudo bem como seus resultados.

4 DISCUSSÃO

Diversos estudos investigaram o efeito da DL na mecânica da CTP durante a marcha (LAMOTH *et al* 2002, 2002B; LAMOTH *et al* 2006, 2006B; LAMOTH *et al* 2008; HUANG *et al*, 2011) e a corrida (SEAY *et al* 2011, 2011B; LAMOTH *et al*, 2002). Indivíduos com DL desenvolvem a capacidade de se adaptarem para a realização da marcha com dificuldades, mediante perturbações na velocidade. Assim, indivíduos com DL limitam essa capacidade compensando com um controle motor mais pobre e adotando uma marcha mais lenta e menos flexível (LAMOTH *et al*, 2006).

Seay e colaboradores (2011b) investigaram a CTP e a variabilidade da coordenação sobre uma gama de velocidades de marcha e corrida em esteira entre três grupos de corredores: corredores com baixa a moderada DL; corredores que tinham se recuperado a partir de um único episódio de DL aguda (DLA), e os corredores que nunca haviam experimentado qualquer sintoma semelhante à DL. Durante a marcha, a coordenação no plano frontal foi mais em-fase para o grupo com DL em comparação aos grupos controle e DLA. Durante a corrida, o grupo DL e DLA demonstraram coordenação mais em-fase no plano transversal em relação ao grupo controle, como mostra a figura 2. O grupo DL também mostrou redução da variabilidade da coordenação no plano transversal em comparação ao grupo controle. Os resultados apoiaram a hipótese de que o grupo com DLA representa um grupo de transição entre indivíduos com DL e aqueles sem história de DL. Durante a corrida, os grupos DL e DLA demonstraram coordenação com menor padrão anti-fase no plano transversal em relação ao grupo controle (SEAY *et al*, 2011b). Os achados de Seay e colaboradores (2011) indicaram que a DL não afeta a ADM durante a marcha em qualquer plano de movimento e, além disso, comprimentos de passo similares entre os grupos, combinados com aumento da rotação axial da pelve durante a corrida, contribuíram para, nos três planos, a menor ADM de quadril encontrada no grupo DL. Essa diminuição de excursão do quadril durante a corrida poderia servir para reduzir ainda mais o estresse mecânico imposto sobre o complexo lombo-sacral, por reduzir o estresse sobre os músculos que cruzam o quadril e a articulação L5-S1. Esses achados sugerem que corredores com DL incorporam uma estratégia de controle motora para produzir uma "marcha vigiada", que resultou em aumento da ADM axial da pelve, o que permitiu à pelve e ao tronco tornarem-se mais em-fase durante a corrida (SEAY *et al*, 2011).

Com o objetivo de avaliar o efeito da velocidade da marcha sobre as rotações de pelve e tórax no plano transversal em pacientes com DL, Lamothe e colaboradores (2002b) utilizaram esteiras nas velocidades de 1,4 – 5,4km/h (a velocidade aumentou sequencialmente de 0,8, passando para 1,4 e a um máximo de 5,4 km/h, permitindo que os participantes se habituassem a cada nível de velocidade de forma suave e uniforme) em um grupo com DL e outro com indivíduos saudáveis. Foi demonstrado que na marcha normal o movimento da pelve está intimamente relacionado com a progressão para frente, contribuindo para o alongamento do passo porém, a marcha de pacientes com DL foi caracterizada por maior rigidez de tronco. Além disso, com o objetivo de verificar a influência do gênero sobre os movimentos da coluna vertebral e da pelve, sem o efeito das variações da velocidade na marcha, foi realizado no grupo de indivíduos saudáveis (9 mulheres e 10 homens, com média de idade de 41 anos) uma análise adicional a qual não demonstrou diferenças estatísticas entre os gêneros, o que implica que as rotações da pelve e tórax durante a marcha não são afetadas pelo gênero.

Huang e colaboradores (2011) analisaram os movimentos de rotações de tronco e pelve em indivíduos com diagnóstico de hérnia de disco lombar (HDL), durante marcha em esteira. Comparado com indivíduos saudáveis, o grupo HDL demonstrou maiores rotações de pelve e fase relativa entre pelve e tórax reduzida (em-fase) em rotações horizontais. Além disso, as amplitudes de rotação da pelve aumentaram o comprimento do passo e a velocidade da marcha, tendo como consequência o aumento da amplitude de rotação da coluna lombar. A maior amplitude de rotação pélvica nos pacientes com HDL seriam mais dolorosas se não houvessem alterações nos movimentos do tórax, as quais permitem que o tórax fique em-fase com a pelve o que reduz a fase relativa entre pelve e tórax (HUANG *et al*, 2011). Em indivíduos com DL não-específica, nenhuma mudança na amplitude de rotação da pelve foi relatada durante a marcha (LAMOTH *et al*, 2002).

Em condições normais, CTP na marcha evolui de coordenação em-fase para antifase com o aumento da velocidade (LAMOTH *et al*, 2002; LAMOTH *et al* 2006, 2006b). Um pré-requisito para estabelecer uma coordenação antifase pode ser a capacidade para liberar o acoplamento em-fase de tronco e pelve. Estudos sobre marcha em indivíduos com DL frequentemente relatam velocidade de marcha lenta e confortável, o que pode estar relacionado à incapacidade de ajustar a relação de fase predominantemente em-fase em baixas velocidades para maior coordenação antifase em maiores velocidades (LAMOTH *et al*, 2002).

Lamoth e colaboradores (2006) avaliaram a cinemática da marcha e a atividade do músculo eretor espinhal (MEE) em indivíduos com DL não-específica e saudáveis (controle). As análises foram registradas durante a marcha na esteira em uma velocidade auto-selecionada e em velocidades crescentes sequenciais de 1,4 até 7,0 km / h. Os resultados revelaram que, em indivíduos com DL, a velocidade confortável de marcha foi significativamente menor e a coordenação entre rotações transversais de tórax e pelve e rotações em lombar e pelve foram mais rígidas e menos flexíveis que no grupo controle. O padrão global de atividade do MEE desviou significativamente do padrão normal e a variabilidade do MEE foi significativamente elevada, indicando má coordenação na ativação dos MEE. Medo da intensidade da dor, cinesiofobia e incapacidade foram todos alheios às mudanças observadas na coordenação, sugerindo que as mudanças observadas em coordenação de tronco e atividade dos MEE foram uma consequência direta da DL (LAMOTH *et al*, 2006b). Além disso, a marcha com velocidade mais lenta (1,4 e 2,2 km / h) em DL parece ser uma adaptação funcional para a alteração do controle motor. Nesse sentido, a velocidade lenta natural de marcha dos indivíduos com DL torna-se uma adaptação funcional, uma vez que permite que indivíduos com DL lidem com perturbações internas e externas. Essa adaptação também tem desvantagens consideráveis porque restringe alterações de velocidade necessárias para alcançar metas comportamentais (pegar o ônibus, por exemplo) (LAMOTH *et al*, 2006).

Em princípio, a estabilidade da coluna vertebral pode ser recuperada por meio de mudanças na atividade muscular, mas essas mudanças também podem levar a microtraumas, dor crônica subsequente e alterações na aferência sensorial, ampliando a instabilidade da coluna vertebral e reduzindo a capacidade de lidar eficazmente com perturbações. Quando os indivíduos saudáveis antecipam uma perturbação, os músculos do tronco contraem para prevenir a perda do equilíbrio (LAMOTH *et al*, 2006b). Em indivíduos com DL, no entanto, esse comportamento antecipatório é diminuído, gerando instabilidade da coluna vertebral (LAMOTH *et al*, 2006B; THOMAZ *et al*, 2007; HODGES *et al*, 2003, HODDES *et al*, 1996, HODGES *et al*, 1999; TSAO *et al*, 2010).

Vários autores têm sugerido que o controle da atividade muscular em DL é alterado, levando à proteção ou alteração de comportamento (HODGES *et al*, 2003, HODDES *et al*, 1996, HODGES *et al*, 1999; TSAO *et al*, 2010; TSAO *et al*, 2010; LAMOTH *et al*, 2006b; LEE *et al*, 2011). Mudanças nas propriedades da CTP podem apontar para a comportamento de “vigia” em que os pacientes tentam imobilizar a coluna lombar por coativação dos

músculos paravertebrais. Hodges e colaboradores (2003) não excluem a possibilidade de que mudanças no controle dos músculos do tronco podem levar à dor e que, pelo menos em alguns casos, a dor pode causar mudanças neste controle. Clinicamente, as intervenções terapêuticas em pacientes com DL inespecífica muitas vezes incluem exercícios e tratamentos que visam a obtenção de uma mudança no padrão de coordenação muscular do tronco. A avaliação dessa coordenação nos padrões de marcha pode ajudar a quantificar clinicamente deficiências do movimento e podem ser manipuladas especificamente para facilitar o surgimento de um padrão de coordenação desejado (LAMOTH *et al*, 2002b; LAMOTH *et al*, 2006b).

Embora as mudanças na coordenação motora possam ser treinadas e estão associadas à melhora dos sintomas e da função, não fica claro se essas mudanças induzidas pelo treinamento estão relacionadas com a reorganização do córtex motor (TSAO *et al*, 2010). Tsao e colaboradores (2010) demonstraram em seus resultados a reversibilidade das mudanças adaptativas do sistema motor (incluindo o córtex motor) em indivíduos com DL recorrente. A reorganização pelo treinamento induzido do córtex motor foi associada à recuperação da coordenação motora (incluindo a ativação postural anterior). A evidência parece sugerir que, com a DL, há uma alteração no controle da musculatura intrínseca profunda da coluna vertebral que consistentemente se manifesta como hipoatividade. (TSAO *et al*, 2010).

Lee e colaboradores (2011) realizaram um estudo para analisar a atividade eletromiográfica (EMG) da musculatura paraespinal profunda (multífidos) e superficial (longuíssimo do tórax, porção torácica) em diferentes regiões da coluna torácica durante levantamento e descida de uma carga no plano sagital. No levantamento e descida rápida da carga, a musculatura profunda e superficial foram igualmente ativadas para controlar perturbações no plano sagital. Assim, chegaram à conclusão que a musculatura profunda e superficial paraespinal são recrutadas em bloco durante perturbações do tronco no plano sagital. Esse recrutamento em bloco contrasta o controle diferencial de rotação, sugerindo que o controle da musculatura paraespinal torácica é dependente da direção da força (LEE *et al*, 2011).

A pesquisa de Thomaz e colaboradores (2007) analisou movimentos articulares do tronco com EMG de superfície coletando sinais bilateralmente entre cinco músculos do tronco: reto abdominal, oblíquos (externo e interno), lombar, iliocostal e multífidos, e no

músculo deltóide bilateralmente (movimentos com o braço). O início da ativação do músculo deltóide claramente antecedeu o início dos eretores da espinha e os multífidos, assim como a quase ausência de qualquer ativação notável do oblíquo externo, reto do abdome e oblíquo interno. O atraso na ativação dos músculos extensores do tronco em relação ao início do deltóide foi significativamente maior em participantes com DL em comparação com o controle e indica uma propensão à instabilidade da coluna lombar. Os resultados demonstraram que a ativação de músculos extensores do tronco foi significativamente atrasada em indivíduos com DL crônica em comparação com indivíduos do grupo controle. Tanto indivíduos saudáveis, quanto aqueles com DL crônica apresentaram qualquer ativação sistemática dos músculos abdominais ao dar início à flexão lombar para aumentar a rigidez do tronco e, potencialmente, aumentar a estabilidade da coluna vertebral.

Tsao e colaboradores (2010) compararam a ativação muscular dos multífidos em dois grupos: um testou treinamento com atenção voltada para ativação dos multífidos, independentemente da ação de outros músculos posteriores, de forma ativa; o outro grupo realizou extensão de tronco sem se preocupar em selecionar apenas multífidos, e sem atenção voltada para tal ativação (recrutando toda a musculatura paraespinal). Após um treinamento inicial, a atividade EMG dos músculos multífidos profundos e superficiais foram ativadas anteriormente ao movimento de extensão de tronco, indicando ativação antecipatória ao movimento. Os resultados obtidos sugerem que o treinamento pode induzir alterações na coordenação motora, mas isso é mais dependente da “intenção” de treinamento motor, e não do padrão de ativação muscular ocorrer de forma inconsciente. Os dados mostraram que duas semanas de treinamento motor qualificado reduziram a intensidade da DL (TSAO *et al*, 2010).

É possível que o treinamento qualificado envolve uma maior intenção de reduzir a atividade dos músculos superficiais do tronco, que podem resultar em aumento da demanda para a atividade muscular de tronco profunda. O objetivo do treinamento qualificado é reduzir a atividade dos músculos superficiais do tronco, e aumentar a contribuição dos músculos profundos durante tarefas funcionais. Essas descobertas desvendam o entendimento dos possíveis mecanismos para a eficácia da reabilitação motora em pacientes com DL recorrentes, melhorando seus sintomas (TSAO *et al*, 2010).

Hodges e colaboradores (1996) analisaram a contribuição do músculo transverso abdominal (TrA) para a estabilização da coluna vertebral, sendo avaliada indiretamente em

peças com e sem DL usando um modelo experimental para identificar a coordenação dos músculos do tronco em resposta à perturbação da coluna produzida por movimentos do braço. Enquanto caminhavam, os grupos com DL e controle realizaram flexão, abdução e extensão de ombro executada de forma rápida, em resposta a um estímulo visual (dez repetições em cada direção de aproximadamente 60 graus de flexão e abdução e aproximadamente 40 graus de extensão). Os movimentos em cada direção resultaram em contração dos músculos do tronco, sendo que TrA foi invariavelmente o primeiro músculo ativo e não foi influenciado pela direção do movimento, apoiando a hipótese do papel desse músculo no ajuste da rigidez dinâmica da coluna vertebral. A contração do TrA foi significativamente atrasada em pacientes com DL em todos os movimentos (HODGES *et al*, 1996).

No estudo de Hodges e colaboradores (1999), foi analisado a atividade muscular abdominal e posterior de tronco em associação com o movimento dos membros superiores, comparando a coordenação muscular entre três velocidades de movimento entre indivíduos com e sem DL. A ativação precoce do TrA e oblíquo interno ocorreu na maioria dos experimentos do estudo, tanto com o movimento em velocidades rápidas quanto intermediárias no grupo controle. No entanto, indivíduos com DL não conseguiram recrutar TrA ou oblíquo interno antes do movimento rápido do membro superior e nenhuma atividade da musculatura abdominal foi registrada na maioria das provas de velocidade intermediária. Para movimentos lentos, não houve nenhuma diferença entre os grupos. Assim, esses resultados indicam que o mecanismo de controle espinhal preparatório é alterado em pessoas com DL para movimentos em uma variedade de velocidades (HODGES *et al*, 1999).

O estudo de Arendt-Nielsen e colaboradores (1995) , mediu a EMG dos músculos extensores de tronco durante a marcha e compararam a atividade muscular e a coordenação muscular entre indivíduos com DL clínica (DL crônica) e indivíduos com DL experimental (injeção de solução salina hipertônica (5%)). Foi observado que os dois grupos apresentaram aumento da atividade muscular durante períodos do ciclo da marcha onde é esperado que os músculos exerçam apenas atividade mínima (fase de balanço). Essas mudanças estão correlacionadas de forma significativa com a intensidade da DL. Descobertas das diferenças e semelhanças entre as formas de DL clínica e experimental indicam que as dores musculoesqueléticas crônicas e agudas experimentais modulam o desempenho motor durante a marcha, provavelmente por meio das vias reflexas (ARENDRT-NIELSEN *et al*, 1995).

O desafio do controle motor da região lombopélvica é imenso e deve servir para permitir movimento e controlar a coluna em uma variedade de ambientes e com uma complexa interação entre forças internas e externas. O SNC deve continuamente interpretar o estado de estabilidade e mecanismos do plano de movimento para superar desafios previsíveis e rapidamente iniciar a atividade em resposta a desafios inesperados. Assim, dados sugerem que a musculatura profunda pode fornecer um "ajuste fino", como um componente de complexo interdependente da atividade dos músculos do tronco para estabilizar a coluna. Foi sugerido que a resposta do modelo de adaptação à dor, uma rigidez da coluna vertebral associado a um aumento da atividade dos grandes músculos pode estar ocasionando uma perda da "Sintonia fina" (HODGES *et al*, 2003).

5 CONCLUSÃO

Indivíduos com DL, na CTP, tendem a permanecer em padrão em-fase com o aumento da velocidade de caminhada, sendo que em indivíduos saudáveis, esse padrão é modificado para antifase, melhorando assim, a mecânica corporal. Essa alteração na coordenação em indivíduos saudáveis favorece a ocorrência de um movimento mais harmônico, a fim de se obter menor gasto energético corporal, reduzindo a ocorrência de lesões musculoesqueléticas. Porém, além da CTP, componentes musculares influenciam nesse padrão favorecendo a ocorrência de instabilidades da coluna vertebral, sendo este fator um predisponente para o início ou a recorrência de DL. A ativação muscular profunda de tronco e pelve para a realização de movimentos corporais é importante para o ganho de estabilidade da coluna lombar, pois o atraso no recrutamento acarreta em um padrão de uso incorreto da musculatura supracitada. Para a reabilitação é preciso integrar a mudança deste padrão em-fase em associação com trabalho motor de conscientização de ativação muscular para que ambos os componentes se organizem, com um padrão de uso correto, a fim de se obter otimização e melhora no tratamento e prevenção de DL.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARENDRT-NIELSEN L, GRAVEN-NIELSEN T, SVARRER H, SVENSSON P. The influence of low back pain on muscle activity and coordination during gait: a clinical and experimental study. **Pain**. v. 64, p. 231-240, 1995.

DE PEUTTER S, et al. Understanding fear of pain in chronic pain: Interoceptive fear conditioning as a novel approach. **European Journal of Pain**. v. 15, p. 889–894, 2011.

DEYO, RA. Low-Back Pain. **Scientific American**. v. 279, n. 2, p. 48-53, 1998.

DUDGEON BJ, et al. Describing Pain With Physical Disability: Narrative Interviews and the McGill Pain Questionnaire. **Arch Phys Med Rehabil**. v.86, n. 1, p. 109-115, jan, 2005.

HODGES PW, RICHARDSON CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. **Arch Phys Med Rehabil**. v. 80, p. 1005-12, 1999.

HODGES PW, MOSELEY GL. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. v. 1, p. 361–370, 2003.

HODGES PW, RICHARDSON CA. Inefficient Muscular Stabilization of the Lumbar Spine Associated With Low Back Pain: A Motor Control Evaluation of Transversus Abdominis. **Spine**. v. 21, n. 22, Nov, 1996.

HUANG YP, et al. Gait adaptations in low back pain patients with lumbar disc herniation: trunk coordination and arm swing. **Eur Spine J**. v. 20, p. 491–499, 2011.

LAMOTH CJ, BEEK PJ, MEIJER OG. Pelvis–thorax coordination in the transverse plane during gait. **Gait and Posture**. v. 16, p. 101–114, 2002.

LAMOTH CJ, et al. Effects of chronic low back pain on trunk coordination and back muscle activity during walking: changes in motor control. **Eur Spine Journal**. v. 15, p. 23 – 40, 2006b.

LAMOTH CJ, et al. Pelvis thorax coordination in the transverse plane during walking in persons with nonspecific low back pain. **Spine**. v. 27, p. 92 – 99, 2002b.

LAMOTH CJC, DAFFERTSHOFER A, MEIJER OG, BEEK PJ. How do persons with chronic low back pain speed up and slow down? Trunk–pelvis coordination and lumbar erector spinae activity during gait. **Gait & Posture**. v. 23, p. 230–239, 2006.

LAMOTH CJC. et al. Effects of attention on the control of locomotion in individuals with chronic low back pain. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**. v. 5, p. 13-20, April, 2008.

LEE LJ, COPPIETERS MW, HODGES PW. En bloc control of deep and superficial thoracic muscles in sagittal loading and unloading of the trunk. **Gait & Posture**. v. 33, p. 588–593, 2011.

SEAY JF, VAN EMMERIK REA, HAMILL J. Influence of Low Back Pain Status on Pelvis-Trunk Coordination During Walking and Running. **Spine**. v. 36, n. 16, p. 1070–1079, 2011.

SEAY JF, VAN EMMERIK REA, HAMILL J. Influence of Low Back Pain Status on Pelvis-Trunk Coordination During Walking and Running. **Spine**. v. 36, n. 16, p. E1070–E1079, 2011.

SEAY JF, VAN EMMERIK REA, HAMILL J. Low back pain status affects pelvis-trunk coordination and variability during walking and running. **Clinical Biomechanics**. v. 26, p. 572–578, 2011.

THOMAS JS, et al. The Effect of Chronic Low Back Pain on Trunk Muscle Activations in Target Reaching Movements With Various Loads. **Spine**. v 32, n. 26. p. E801–E808, 2007.

TSAO H, DRUITT TR, SCHOLLUM TM, HODGES PW. Motor Training of the Lumbar Paraspinal Muscles Induces Immediate Changes in Motor Coordination in Patients With Recurrent Low Back Pain. **The Journal of Pain**. v. 11, n. 11, p 1120-1128, 2010.

7 APÊNDICE - Quadro de apresentação dos artigos

AUTOR, ANO	AMOSTRA	INVESTIGAÇÃO DO TRABALHO	RESULTADOS
Lamoth <i>et al.</i> , 2002	10 indivíduos saudáveis	Coordenação entre rotações horizontais de pelve e tórax durante caminhada em esteira (vel. 0.8, 1.4 e 5.4 Km/h)	Coordenação de em-fase para antifase com o aumento da velocidade de caminhada
Lamoth <i>et al.</i> , 2002b	39 indivíduos com dor lombar não-específica e 19 saudáveis	Amplitude de rotação transversa entre tronco e pelve durante caminhada em esteira (vel. 0.8, 1.4 e 5.4 Km/h)	Coordenação do grupo com dor lombar mais rígida e com menor amplitude, em comparação com o grupo sadio.
Lamoth <i>et al.</i> , 2006	12 indivíduos com dor lombar e 12 saudáveis (controle)	Atividade do músculo eretor espinhal e coordenação entre tronco e pelve (rotações) em 6 velocidades diferentes (vel. 6.2, 1.4, 3.8, 5.4, 2.2 e 4.6 km/h)	Alteração na adaptação da coordenação e variabilidade do padrão da atividade do músculo eretor espinhal maior em todas as velocidades no grupo com dor lombar comparando com grupo controle.
Lamoth <i>et al.</i> , 2006b	19 indivíduos com dor lombar e 14 saudáveis (controle)	Cinemática da marcha e atividade do m. eretor espinhal durante caminhada em esteira (vel. Confortável para o indivíduo, crescente de 1.4 até 7.0 Km/h)	Aumento da variabilidade da ativação muscular de eretor espinhal (frequência, tempo e amplitude), padrão de marcha mais rígido, perda da coordenação no plano transversal e maior variabilidade no plano frontal, com o aumento da velocidade.
Lamoth <i>et al.</i> , 2008	12 indivíduos com dor lombar e 14 saudáveis (controle)	Efeito da atenção sobre coordenação tronco-pelve em caminhada em esteira (vel. Confortável para o indivíduo)	Com a mudança da atenção, menor variabilidade de movimentos de tronco e comprimento do passo, coordenação com menor fase relativa (mais em-fase)
Huang <i>et al.</i> , 2011	Indivíduos com hérnia de disco lombar e saudáveis (12 cada grupo)	Comprimento do passo e cinemática da marcha em diferentes velocidades em esteira (1.0, 2.5, 4.0 e 5.5 km/h)	Alteração da coordenação do grupo com hérnia de disco lombar com redução do padrão antifase, com o aumento da velocidade.
Seay <i>et al.</i> , 2011	14 indivíduos saudáveis; 14 com dor lombar e 14 com dor lombar recorrente	Coordenação tronco-pelve durante corrida e caminhada em esteira em velocidades crescentes (0.8 a 3.8 m/s)	Alteração da coordenação do grupo com dor lombar com redução do padrão antifase, com o aumento da velocidade em caminhada; redução do padrão antifase para o grupo com dor lombar e dor lombar recorrente durante a corrida.
Seay <i>et al.</i> , 2011b	14 indivíduos saudáveis; 14 com dor lombar e 14 com dor lombar tratada.	Coordenação tronco-pelve durante corrida e caminhada em esteira em velocidades crescentes (0.8 a 3.8 m/s)	Durante caminhada, padrão mais em-fase para o grupo com dor lombar, padrão intermediário para o grupo com dor lombar tratada. Em corrida, ambos os grupos com maior coordenação em-fase no plano transversal, em comparação com o grupo controle.

Tabela 1 – Coordenação entre tronco e pelve

AUTOR, ANO	AMOSTRA	INVESTIGAÇÃO DO TRABALHO	RESULTADO
Nielsen <i>et al.</i>, 1995	10 indivíduos com dor lombar crônica e 10 com dor lombar induzida experimentalmente	Comparar atividade EMG e coordenação entre músculos lombares durante a caminhada em esteira	Significante aumento da atividade muscular durante a fase de balanço da marcha no grupo com dor lombar crônica e aumento da atividade muscular lombar apenas quando a dor estava presente (ipsilateralmente) no grupo controle.
Hodges <i>et al.</i>, 1996	15 indivíduos com dor lombar e 15 indivíduos controles	Investigar a contribuição do transverso abdominal na estabilização espinhal e coordenação dos músculos do tronco em resposta à perturbações na coluna	Contração dos músculos de tronco ocorreu antes ou logo após a ativação do músculo deltóide no grupo controle. Transverso abdominal foi o primeiro músculo ativo e não foi influenciado pela direção do movimento. Resultados contrários foram obtidos no grupo com dor lombar, indicando ineficiência para estabilizar a coluna vertebral.
Hodges <i>et al.</i>, 1999	14 indivíduos com dor lombar recorrente e 14 indivíduos controles	Analisar atividade muscular abdominal e extensora lombar em associação com movimentos de MMSS em diferentes velocidades	Ativação precoce de transverso abdominal e oblíquo interno ocorreu no grupo controle, com movimentos dos braços em velocidades rápidas e intermediárias. Grupo com dor lombar houve alteração no recrutamento dos músculos supracitados em movimentos rápidos de braço e ausência de atividade abdominal em velocidades intermediárias. Sem diferença de grupos em lentas velocidades
Hodges <i>et al.</i>, 2003	Revisão de literatura	Revisar evidências de mudanças no controle motor, possíveis mecanismos para essas mudanças e o efeito na função da região lombopélvica.	Mudanças no controle dos músculos do tronco podem levar à dor e ela pode causar mudanças neste controle também. A musculatura profunda pode fornecer um "ajuste fino", como um componente de complexo interdependente da atividade dos músculos do tronco para estabilizar a coluna. A resposta do modelo de adaptação à dor e uma rigidez da coluna vertebral associada a um aumento da atividade dos grandes músculos podem estar ocasionando uma perda da "Sintonia fina".

Thomaz <i>et al.</i>, 2007	19 indivíduos com dor lombar crônica e 19 indivíduos controles	Determinar o efeito da distância e peso da carga na coordenação dos músculos de tronco, na realização de uma tarefa.	Início de ativação muscular extensora de tronco foi atrasada no grupo com dor lombar. O início de latência da musculatura antagonista aumentou com a distância da carga, mas diminuiu com o peso da carga.
Tsao <i>et al.</i>, 2010	20 indivíduos com dor lombar inespecífica unilateral	Investigar o efeito de mudanças imediatas na coordenação motora de tronco através do treinamento motor dos músculos paraespinhais lombares	A reorganização pelo treinamento induzido do córtex motor foi associada com a recuperação da coordenação motora em pacientes com dor lombar
Lee <i>et al.</i>, 2011	10 indivíduos saudáveis	Analizar a atividade eletromiográfica (EMG) da musculatura paraespinhal profunda e superficial em diferentes regiões da coluna torácica durante levantamento e descida de uma determinada carga	No levantamento e descida rápida da carga, a musculatura profunda e superficial de tronco foram igualmente ativas para controlar perturbações. Tais músculos são recrutados em bloco durante perturbações do tronco plano sagital.

Tabela 2 - Alterações no recrutamento muscular

8 ANEXOS

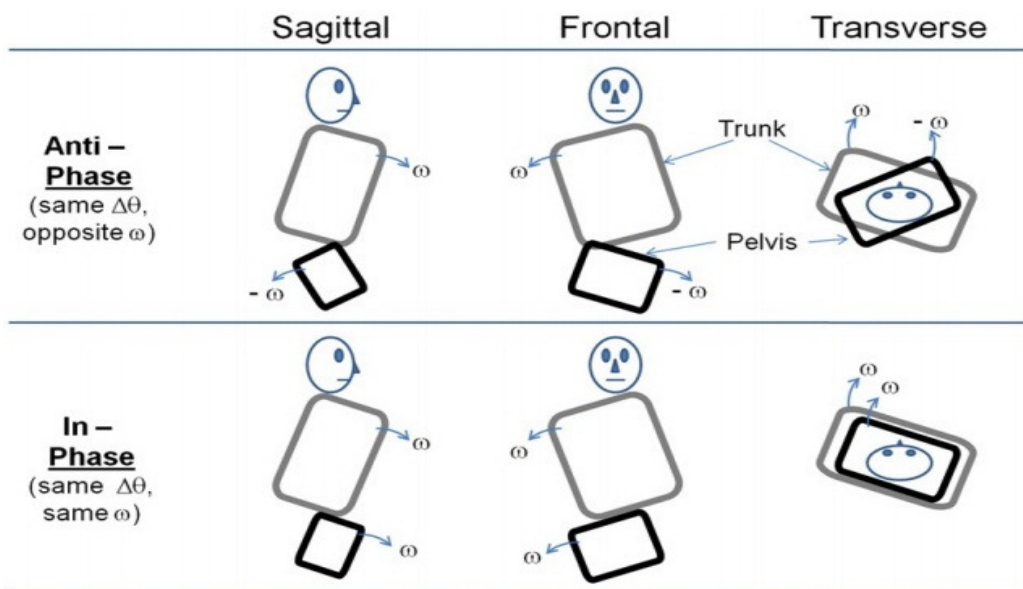


Figura 1 - Fase relativa entre cinturas escapular e pélvica. Antifase com fase relativa de 180° e em-fase com fase relativa de 0° . Fonte: Seay *et al.*, 2011b, p. 574.

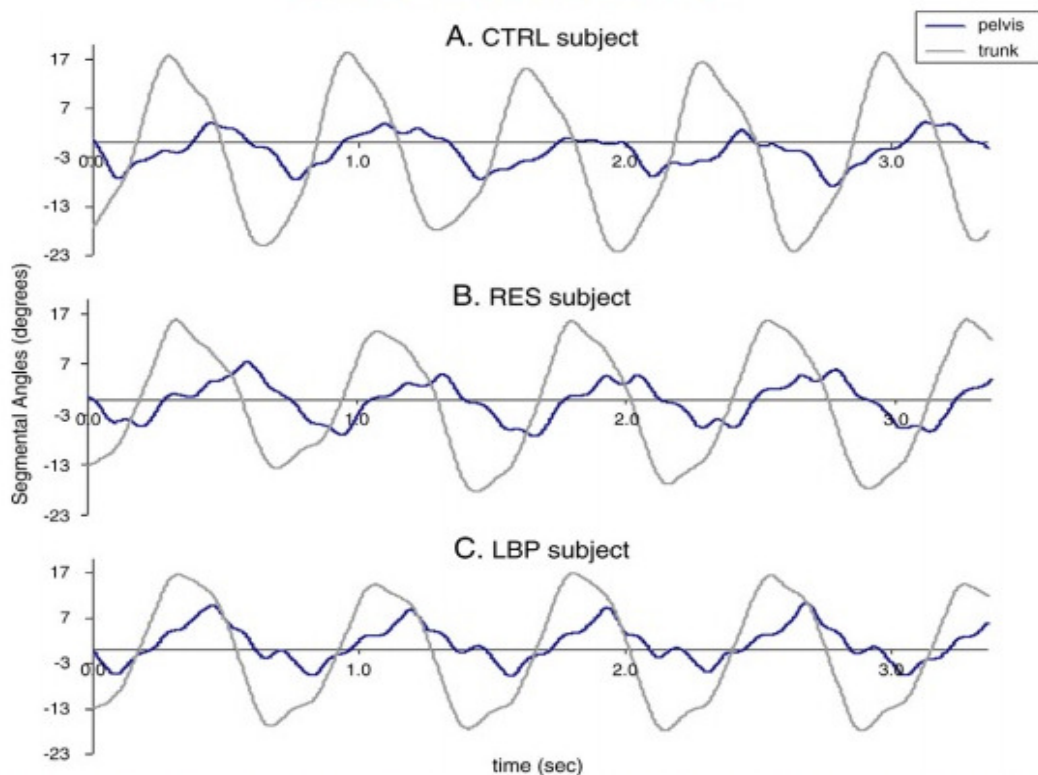


Figura 2 - Tempo de série nas rotações no plano transverso de tronco e pelve. Todos os indivíduos estavam correndo a uma velocidade de 3.8 m/s. Fonte: Seay *et al.*, 2011, p. E1073.