

Revisão

Relação entre a coluna torácica e a função do ombro: relação estática ou dinâmica?

Relationship between the thoracic spine and shoulder function: static or dynamic relationship?

Alan de Souza Araújo*, Leandro Alberto Calazans Nogueira, M.Sc.**

.....
*Especialista em Biomecânica (EEFD/UFRJ), Especialista em Anatomia e Biomecânica (UCB), Fisioterapeuta da Clínica Fisio-guaçu, Universidade Estácio de Sá (UNESA), **Especialista em Biomecânica (UNESA), Fisioterapeuta do Hospital Universitário Gafrée e Guinle (UNIRIO)

Resumo

O ombro pode influenciar o movimento da coluna torácica e vice-versa, mas há pouca evidência sobre essa relação. Movimentos do ombro associados à coluna cervical e lombar estão bem descritos na literatura. No entanto, há um menor número de dados disponíveis sobre a influência da coluna torácica e de outras estruturas sobre os movimentos do ombro. O objetivo do estudo foi descrever a relação entre a coluna torácica e a função do ombro. Foi realizada uma revisão de literatura nas bases de dados eletrônicas Bireme, Pubmed, Lilacs e Science Direct. Os descritores utilizados foram: coluna torácica, função do ombro e movimentos torácicos, com suas devidas traduções para língua inglesa. A pesquisa abrangeu um intervalo de 17 anos (1994-2011) e retornou 566 trabalhos. Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, e da análise de duplicidade de citações, restaram 26 fontes. Acredita-se que as alterações posturais e encurtamentos musculares contribuem para disfunções do ombro, porém esses achados não são evidentes em estudos experimentais ou bem instrumentados. Existe uma forte correlação funcional e dinâmica entre movimentos da coluna torácica e os padrões de movimento do úmero e da escápula. A abordagem fisioterapêutica deve contemplar a coluna torácica em indivíduos com dores no ombro.

Palavras-chave: parede torácica, articulação do ombro, biomecânica, incapacidade.

Abstract

The shoulder may influence the thoracic spine movement and vice versa, but there is little evidence about this relationship. Shoulder movements associated with cervical and lumbar are well described in the literature. However, there is a lack of information about the influence of thoracic spine and other structures on the shoulder movements. The aim of this study was to describe the relationship between the thoracic spine and shoulder function. It was realized a literature review in the Bireme, Pubmed, Lilacs and Science Direct database with the key-words: thoracic spine, shoulder function and thoracic movements, and their proper translations into Portuguese. The search covered a range of 17 years (1994-2011) and returned 566 papers. After applying the inclusion and exclusion criteria, and analysis of duplicated, remained 26 papers. It is believed that postural deformities and muscle shortening can contribute to shoulder dysfunction, but these findings are not evident in experimental or well instrumented studies. There is a strong correlation between functional and dynamic movements of the thoracic spine and movement patterns of the humerus and scapula. The physical therapy approach may address the thoracic spine in patients with shoulder pain.

Key-words: thoracic wall, shoulder joint, biomechanics, disability.

Recebido 2 de julho de 2010; aceito em 25 de fevereiro de 2011.

Endereço para correspondência: Alan de Souza Araújo, Rua Brício Filho, 47 FDS, Guadalupe 21660-290 Rio de Janeiro RJ, Tel: (21) 8891-9751, E-mail: alanfisio@ig.com.br

Introdução

O complexo do ombro é uma das regiões mais frequentes de busca de auxílio médico e fisioterapêutico. A articulação glenoumeral sofre diretamente com a necessidade de estabilização e de realização de movimentos de grande amplitude simultaneamente, sendo muitas vezes, a sua alteração biomecânica a causa do impacto subacromial [1,2].

A relação entre os movimentos da articulação glenoumeral e da articulação escapulotorácica durante a abdução do ombro variam, mas geralmente podem ser consideradas como 2:1. Se a posição escapular for modificada, parece razoável esperar que este padrão normal de movimento integrado seja afetado [3]. O ombro pode influenciar o movimento da coluna torácica, mas há pouca evidência sobre este fenômeno [2]. Desvios posturais, como cabeça anteriorizada, ombros anteriorizados (protração escapular), rotação interna do úmero, e aumento da cifose torácica, podem implicar em problemas no ombro [2]. Outro fator importante é que, durante a abdução do ombro há um conhecido padrão de movimento integrando a articulação glenoumeral e a articulação escapulotorácica, esse mecanismo é chamado de ritmo escapuloumeral [3-5].

Durante a abdução do ombro, a escápula deve fornecer uma base estável para o movimento glenoumeral e ainda ser móvel o suficiente, a fim de posicionar a cabeça do úmero em toda sua amplitude de movimento [6]. Alguns autores sugerem ainda que uma alteração postural pode levar a uma fraqueza muscular no complexo do ombro e ainda limitar a articulação glenoumeral em sua amplitude de movimento, podendo assim resultar em uma patologia muito comum no ombro chamada Síndrome do Impacto Subacromial (SIS) [3,6-9]. Outros autores relatam que os movimentos vertebrais da coluna torácica podem interferir na cinemática do complexo glenoumeral comprometendo sua função [2,10-13].

O conceito de SIS foi introduzido por Charles Neer, em 1972, e representa a compressão mecânica do manguito rotador, bursa subacromial e tendão do bíceps contra o acrômio e ligamento coracoacromial, especialmente durante a elevação do ombro. Neer afirmou que 95% de todos os casos de injúrias no manguito rotador poderiam ser atribuídos à mecânica do impacto, mas recentemente o conceito de SIS tem sido bastante discutido [7]. Acredita-se que a SIS é a causa mais comum de dor no ombro, sendo responsável por 44% a 65% de todas as queixas em um consultório médico [6].

A relação entre o alinhamento da coluna torácica, posição e cinemática escapular e função do ombro são baseadas em grande parte por observações pessoais e não por dados investigativos, apenas poucos estudos procuraram explorar esta relação. Movimentos associados à região cervical e lombar possuem maior interesse e estão bem descritos na literatura, no entanto, há um menor número de dados disponíveis sobre a coluna torácica ou sobre a influência que outras articulações ou estruturas podem ter sobre seus movimentos [2].

A coluna torácica é a principal área de transferência de carga entre a parte superior e inferior do corpo, e sua função

requer tanto mobilidade quanto estabilidade [14]. A relação entre a coluna torácica com a função do ombro e a cintura escapular tem sido atribuída à existência de inúmeras conexões musculares. Entretanto, a posição destes vários segmentos ósseos podem influenciar diretamente a função do ombro, além de influenciar no comprimento muscular, comprometendo sua capacidade de gerar tensão [6]. O objetivo do estudo foi descrever a relação entre a coluna torácica e a função do ombro, além de analisar os mecanismos envolvidos nesta relação.

Material e métodos

O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura, nas bases de dados eletrônicas Bireme, Pubmed, Lilacs, Science Direct. Os descritores utilizados foram: coluna torácica, função do ombro e movimentos torácicos, com suas devidas traduções para língua inglesa *thoracic spine, shoulder function e thoracic movement*. Os descritores foram utilizados com diversas combinações e de forma aleatória. A pesquisa abrangeu um intervalo de tempo de dezessete anos (1994-2011). Somando-se todas as bases de dados, foram encontrados 566 artigos. Após a leitura dos títulos dos artigos, notou-se que alguns deles se repetiram nas diferentes bases e outros não preenchiam os critérios do presente estudo. Foram adotados como critérios de inclusão, tanto artigos experimentais, como revisões de literatura que pudessem obter informações sobre as correlações existentes entre o complexo do ombro e a coluna torácica, e foram excluídos os artigos que não continham informações correlacionando a coluna torácica com a função do ombro, ou que fossem anteriores ao ano de 1994. Foram selecionados 46 artigos para a leitura e foram excluídos os que não diziam respeito ao propósito deste estudo. Sendo assim restaram um total de 26 fontes que contextualizavam o assunto de interesse (Figura 1). As Tabelas I e II resumem os principais achados dos estudos que analisaram as relações estáticas e dinâmicas, respectivamente, com a função do ombro.

Figura 1 - Organograma descritivo de todo o processo de pesquisa da revisão de literatura do presente artigo.

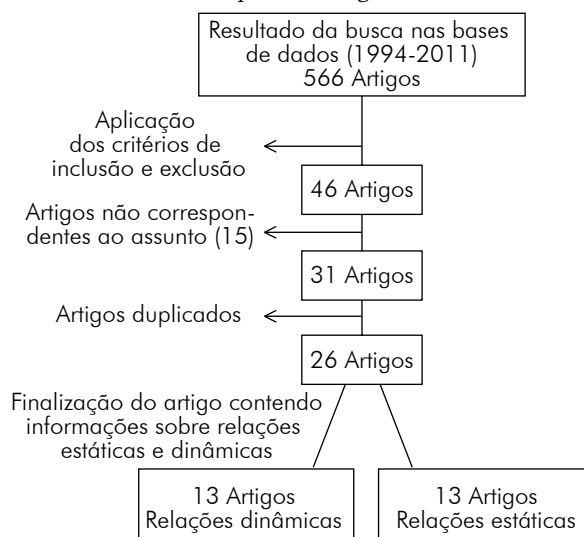


Tabela I - Resumo dos achados encontrados em estudos que analisaram as relações estáticas entre a coluna torácica e o complexo do ombro.

Autor /Ano / Jornal de Publicação	Tipo de estudo	Características da amostra e testes realizados	Resultados
Bostard [3]	Observacional Descritivo	50 indivíduos assintomáticos. Foram medidos a orientação escapular, cifose torácica e comprimento do peitoral menor por meio de eletromagnéticos e fita métrica.	Indivíduos com cifose aumentada e menor comprimento do peitoral menor têm maior tendência a problemas no ombro devido à alterações do posicionamento escapular em repouso.
Kebaetse et al. [6]	Observacional Descritivo	34 indivíduos assintomáticos. Postura ereta e curvada (hipercifose). Cinemática escapular e ADM ativo do ombro durante a abdução no plano escapular mensurada por um sistema eletromecânico em 3D. Força muscular medida por dinamometria.	Na postura de hipercifose há diminuição da força muscular, diminuição do ADM ativo, elevação da escápula e diminuição de seus movimentos.
McClure, Michener e Karduna [7]	Caso-controle	90 indivíduos (45 com SIS e 45 sem SIS). ADM do ombro e cifose torácica por meio da goniometria e força muscular pela dinamometria.	Não foram encontradas diferenças significativas relacionando postura torácica e dor em indivíduos com e sem SIS. Alterações escapulotorácicas, de força e ADM poderiam estar relacionadas a mecanismos compensatórios relacionados à dor.
Herbert et al. [15]	Caso-controle	51 sujeitos (41 com SIS e 10 sem SIS). Movimentos escapulares por dispositivos eletromagnéticos	Alterações do movimento escapular durante a abdução do braço em indivíduos com SIS.
Greenfield et al. [16]	Caso-controle	60 indivíduos (30 com SIS e 30 sem SIS). Movimentos escapulares, ADM do ombro e postura.	Apesar de encontrarem movimentos alterados da escápula e diminuição do ADM do ombro, não observaram diferenças na postura em indivíduos com e sem SIS.
Lewis, Green & Wright [23]	Caso-controle	60 indivíduos com SIS e 60 sem SIS. Anteriorização da cabeça, cifose torácica, posição escapular e diminuição do ADM do ombro por um programa de análise posural.	A postura da parte superior do corpo não seguiu os padrões definidos na literatura, e seus achados foram insuficientes para correlacionar postura e indivíduos com e sem SIS.
Lewis & Valentine [24]	Caso-controle	Mediram a curvatura da coluna torácica em 45 indivíduos com SIS e 45 sem SIS por meio de um inclinômetro.	Apesar da avaliação interavaliadores ter sido boa, seus dados foram inconclusivos para indivíduos com e sem SIS.

Tabela II - Resumo dos achados encontrados em estudos que analisaram as relações dinâmicas entre a coluna torácica e o complexo do ombro.

Autor /Ano / Jornal de Publicação	Tipo de estudo	Características da amostra e testes realizados	Resultados
Theodoridis & Ruston [2]	Observacional Descritivo	25 mulheres assintomáticas. Foram avaliadas através de dispositivos eletromagnéticos para verificar padrões de movimentos das vértebras torácicas (T2-T7) durante a elevação do braço no plano sagital e escapular	Observaram um movimento padrão de inclinação e rotação ipsilateral acompanhados de extensão das vértebras torácicas.
Meurer et al. [13]	Caso-controle	Um estudo prospectivo com 50 indivíduos com SIS e 50 sem SIS. Foram testar a mobilidade das vertebra torácicas superiores através de um dispositivo eletromagnético.	A maior mobilidade foi encontrada em indivíduos sem SIS, não foram encontradas diferenças sobre a postura inicial da coluna torácica.

Crosbie <i>et al.</i> [12]	Observacional Descritivo	32 mulheres assintomáticas. Realizaram flexão uni e bilateral da glenoumeral em três planos (sagital, coronal e escapular) e foram analisadas diversas variáveis através de dispositivos eletromagnéticos.	Foram observadas consistentes interações e sincronias entre os movimentos do úmero, da escápula e segmentos torácicos. Movimentos uni e bilaterais do ombro produzem significativamente diferentes padrões de movimentos vertebrais e nas rotações escapulares.
Lee, Hodges & Coppie- ters [27]	Observacional Descritivo	10 participantes assintomáticos. Foram monitorados através de EMG na região torácica (longuíssimo e multífidos) e ombro (deltóide), realizando movimentos uni e bilaterais do ombro.	Durante os movimentos de flexão, multífidos e longuíssimo entraram em atividade antes da ativação do deltóide.
Boyles <i>et al.</i> [28]	Experimental	Manipulação torácica em 56 pacientes com SIS.	Evidenciou alterações significativas nos testes de Neer e Hawkins, melhora da função e redução da dor nos testes de resistência para rotação externa e rotação interna e aumento da abdução ativa do ombro.
Strunce <i>et al.</i> [29]	Experimental	Manipulação torácica em 21 pacientes com dor no ombro	Diminuição significativa nos níveis de dor em mais de 50% dos indivíduos.
Feil & Morgan [30]	Revisão	Revisou artigos que incluíam biomecânica e manipulação articular. Descreveu as alterações de movimento na coluna torácica e relacionou com os movimentos do complexo do ombro	Destacou a hipótese da Síndrome do T4. Forneceu subsídios sobre os benefícios da manipulação torácica na mobilidade da escápula e do ombro.

Discussão

A associação entre desvios posturais e dor no ombro é baseada na teoria de que posições prolongadas podem acarretar adaptações dos tecidos moles. Essas adaptações podem ser explicadas por mecanismos ativos e passivos que agem em conjunto durante o movimento do ombro, levando a alterações biomecânicas que geram dor [3]. A relação exata entre os movimentos torácicos e do ombro tem sido objeto de muitas investigações, a razão para tal interesse está na crença de que indivíduos com patologias no ombro devem demonstrar muitas vezes uma interrupção da coordenação entre os movimentos escapulares e torácicos. Dessa forma torna-se necessária a recuperação de uma *sincronia normal* para um bom resultado do tratamento. Um dos maiores problemas com relação a essas investigações é a dificuldade de monitoramento dos segmentos em tempo real [12].

Relações estáticas entre a coluna torácica e a função do ombro

A investigação de problemas musculoesqueléticos no ombro inclui frequentemente uma avaliação postural, pois uma boa função do ombro significa um bom alinhamento vertebral e uma posição adequada da escápula [3,6-9,15]. Alguns autores propõem que o aumento da flexão torácica (hipercifose) altera a relação do movimento escapuloumeral [3-7,

16-23]. Sahrman [8] afirmou que um ótimo alinhamento é necessário para a adequada realização do movimento. Desvios posturais, portanto, podem mudar a capacidade biomecânica de produzir movimentos precisos, ocasionando ao longo do tempo dor como resposta a exposição a tarefas repetitivas.

Kebaetese *et al.* [6] realizaram um estudo com o objetivo de determinar o efeito da postura torácica sobre a cinemática escapular, força muscular e arco de movimento (ADM) ativo do ombro durante a abdução no plano escapular. Os resultados obtidos foram que a postura torácica afeta claramente o ADM de abdução no plano escapular e a cinemática escapular. A força muscular não foi afetada pela postura na posição neutra. A diminuição de 16,2 % da força de abdução no plano escapular com o braço a 90° na postura curvada pode ser explicada por alterações na cinemática escapular. Na postura curvada a translação superior da escápula é aumentada entre 0 e 90 graus, o que reduz o comprimento das fibras superiores do trapézio e a consequência é a redução da sua capacidade de gerar tensão. Além disso foi observada uma maior inclinação anterior da escápula nesta posição. Na postura curvada foi encontrada uma média de 105° em comparação com 90,6° na postura ereta. Portanto músculos gleno-umerais como deltóide e supra-espinhoso estavam mais encurtados.

Com relação à cinemática escapular foram achados na postura curvada, uma maior translação superior da escápula entre 0 e 90° de abdução, menor rotação ascendente e menor inclinação posterior entre 90 e 180° de abdução. Segundo o

autor a diminuição de ADM do ombro na postura curvada pode ser atribuído a menor inclinação posterior e menor rotação ascendente da escápula nesta posição. Dessa forma, o acrômio pode criar uma barreira óssea que pode causar ou contribuir para SIS e lesões repetitivas [6].

Um dos mecanismos que podem potencializar a SIS seria o encurtamento do peitoral menor, alterando o movimento escapular nos planos sagital e transverso. Devido às suas inserções em processos coracóides e costelas esse encurtamento do peitoral menor durante o repouso, ocasionaria um aumento da tensão passiva durante a elevação do ombro, o que restringe a rotação ascendente da escápula. Cabe ressaltar que esses achados foram encontrados por Borstad [3,20] em indivíduos assintomáticos.

O posicionamento estático da coluna torácica pode não ser o fator causal para a SIS. Apenas uma falta de mobilidade torácica deve contribuir. McClure *et al.* [9] não encontraram diferenças significativas entre posição do ombro e postura da coluna torácica superior em indivíduos com e sem SIS. Para os autores as alterações escapulotorácicas poderiam estar relacionadas a mecanismos compensatórios relacionados à dor. A relação estática entre a coluna torácica e a função do ombro não está ainda bem esclarecida [8,9], enquanto vários estudos suportam a relação entre movimentos e dor por causa de alterações da cinemática escapular [3,6-9,15-23].

Relações dinâmicas entre a coluna torácica e os movimentos do ombro

Por muitos anos tem sido entendido, que o ADM completo do ombro depende do movimento escapular, e que especialmente durante a elevação unilateral do ombro, haverá uma tendência de extensão e rotação da coluna para ampliar o movimento [12]. Muitos autores descrevem que uma limitação funcional do movimento do ombro está associada também a uma restrição dos movimentos da escápula e da coluna torácica [2,10-13].

Segundo Meurer *et al.* [13], indivíduos saudáveis apresentam maior mobilidade da coluna torácica nos planos frontal e sagital e na rotação comparados com indivíduos com SIS. No mesmo estudo não foram observadas diferenças relativas à postura inicial da coluna torácica [13]. Theodoridis e Ruston [2] realizaram uma pesquisa com 25 indivíduos do gênero feminino, utilizando um dispositivo eletromagnético na pele (não invasivo), nos processos espinhosos de T2 a T7. Os sujeitos foram orientados a realizar uma elevação do ombro no plano escapular e no plano sagital (flexão voluntária máxima). Vinte e três indivíduos apresentaram um padrão de movimento para a inclinação e rotação lateral ipsilateral associada com extensão no plano sagital, enquanto 19 indivíduos encontraram o mesmo padrão durante a elevação do ombro no plano escapular. Existem estudos que encontraram o mesmo padrão de movimento com a coluna torácica superior, porém com metodologia diferente [10-12].

Crosbie *et al.* [12] realizaram um estudo em que o principal objetivo foi investigar a sincronia e coordenação do úmero, escápula e movimentos da coluna torácica e lombar durante movimentos uni e bilaterais do membro superior no plano sagital, coronal e escapular. A extensão da coluna torácica só ocorreu com a flexão bilateral dos ombros, independente dos planos. A flexão lateral da torácica alta e rotação axial ipsilateral só foram predominantes quando houve uma elevação unilateral do úmero e não bilateralmente. Nenhum movimento lombar foi significativo para os movimentos do braço. A torácica baixa foi particularmente influenciada pela abdução do úmero nos planos coronal e escapular. O movimento de extensão torácica baixa foi significativamente maior em todos os três planos de movimentos do braço em relação a torácica alta. Os autores sugerem que a região torácica superior é mais limitada devido a sua fixação nas costelas. O movimento de flexão lateral da coluna torácica alta foi ligeiramente maior durante a elevação do ombro ipsilateral. Já a região torácica baixa fletiu para o lado contralateral ao movimento do braço em todos os casos e o seu resultado foi significativamente maior do que o movimento na região torácica alta. A rotação axial da torácica alta foi maior do que na torácica baixa em todos os planos de movimento. Todos os sujeitos da pesquisa apresentaram fortes correlações entre movimentos da coluna vertebral e os padrões de movimento do úmero, assim como rotação lateral escapular e movimento da coluna torácica alta. Lewis & Valentine [24] relataram que a extensão das vértebras torácicas durante a elevação do braço foi necessária para uma amplitude de movimento completa.

A coluna torácica funciona como um elo fundamental na cinemática da elevação do ombro. As implicações clínicas e os achados estão bem coordenados [12]. Assim como já foi observado na coluna cervical [25] e na coluna lombar [26], existe um mecanismo de antecipação de movimento por parte dos músculos profundos da coluna torácica. Lee, Hodges e Coppieters [27] selecionaram 10 indivíduos nos quais foram introduzidos eletrodos de agulha nos múltípidos e longuíssimos nos níveis de T5, T8 e T11 e também foram colocados eletrodos nas porções anteriores e posteriores do deltóide direito e esquerdo. Os indivíduos foram orientados a realizar movimentos uni e bilaterais do braço alternadamente. Foi observado que durante a flexão do ombro, múltípidos e longuíssimos aumentaram suas atividades acima do considerado basal antes mesmo da contração do deltóide, esta atividade antecipatória ao movimento do braço deve ser planejada pelo sistema nervoso central (SNC). Os autores acrescentam que o músculo longuíssimo desempenha um papel importante, tanto no controle de orientação da coluna vertebral, como também no controle do centro de massa (CM) durante alterações no plano sagital [27].

Um estudo que analisou a melhora da mobilidade torácica através da manipulação vertebral em indivíduos com SIS, evidenciou alterações significativas nos testes de Neer e Hawkins, melhora da função e redução da dor no teste de resistência

para rotação externa e rotação interna, além da abdução ativa do ombro [28]. Strunce *et al.* [29] também observaram melhoria nos sintomas de SIS e diminuição da intensidade de dor em 50% dos indivíduos que sofreram uma intervenção com manipulação vertebral na região torácica e nas costelas.

Uma das hipóteses para a correlação entre a mobilidade torácica e a função do ombro está na síndrome de T4, esta síndrome foi aceita por alguns profissionais de saúde nas últimas décadas, mas ainda faltam provas para comprovar sua real existência. A síndrome de T4 cursa com diminuição do ADM do ombro, dor difusa no tronco e ombro além de alterações sensoriais. A teoria da síndrome de T4 atribui muitos dos problemas observados em ombros, a uma perda da extensão normal que ocorre nesta vértebra [30].

Como podemos observar a dinâmica da coluna torácica pode ser considerada um fator novo na abordagem das patologias do ombro, apesar de ainda não estar incluída em alguns resumos de artigos e congressos, onde são abordados principalmente as relações estáticas [31].

Conclusão

Acredita-se que as alterações posturais e encurtamentos musculares contribuem para disfunções do ombro, porém esses achados não são evidentes em estudos experimentais ou bem instrumentados. Vários estudos suportam a relação entre movimentos da coluna torácica e função do ombro em decorrência das alterações cinemáticas da escápula. Existe uma forte correlação funcional e dinâmica entre movimentos da coluna torácica e os padrões de movimento do úmero e da escápula. Clinicamente estes achados sugerem que a avaliação funcional do ombro deve incluir a avaliação da cinemática da coluna torácica e escapular, de modo que seu tratamento deve incluir técnicas que auxiliem na mobilidade torácica e na coordenação escapular.

Referências

- Almeida RS, Nogueira LAC. Aplicação do protocolo para recuperação da síndrome do impacto subacromial proposto pelo setor de fisioterapia do Hospital Universitário Gaffrée e Guinle - um relato de caso. *Metascience* 2005;2:5-7.
- Theodoridis D, Ruston S. The effect of shoulder movements on thoracic spine 3D motion. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2002;17(5):418-21.
- Borstad JD. Resting position variables at the shoulder: evidence to support a posture-impairment association. *Phys Ther* 2006;86(4):549-57.
- Caillet R. Dor no ombro. 3a ed. Porto Alegre: Artmed; 2001.
- Glenn CT, Thomas MC. Functional anatomy of the shoulder. *J Athl Train* 2000;35(3):248-55.
- Kebaetse M, McClure P, Pratt NA. Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and three-dimensional scapular kinematics. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80(8):945-50.
- McClure PW, Michener LA, Karduna AR. Shoulder function and 3-dimensional scapular kinematics in people with

and without shoulder impingement syndrome. *Phys Ther* 2006;86(8):1075-90.

- Sahrmann SA. Does postural assessment contribute to patient care? *J Orthop Sports Phys Ther* 2002;32(8):376-9.
- Sahrmann SA. Diagnóstico e tratamento das síndromes de disfunção motora. São Paulo: Santos; 2005.
- Willems JM, Jull GA, J KF. An in vivo study of the primary and coupled rotations of the thoracic spine. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1996;11(6):311-6.
- Stewart SG, Jull GA, Ng JK-F, Willems JM. An initial analysis of thoracic spine movement during unilateral arm elevation. *J Man Manip Ther* 1995;3(1):15-20.
- Crosbie J, Kilbreath SL, Hollmann L, York S. Scapulohumeral rhythm and associated spinal motion. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2008;23(2):184-92.
- Meurer A, Grober J, Betz U, Decking J, Rompe JD. BWS-mobility in patients with an impingement syndrome compared to healthy subjects--an inclinometric study. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2004;142(4):415-20.
- Edmondston SJ, Singer KP. Thoracic spine: anatomical and biomechanical considerations for manual therapy. *Man Ther* 1997;2(3):132-43.
- Hebert LJ, Moffet H, McFadyen BJ, Dionne CE. Scapular behavior in shoulder impingement syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83(1):60-9.
- Greenfield B, Catlin PA, Coats PW, Green E, McDonald JJ, North C. Posture in patients with shoulder overuse injuries and healthy individuals. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;21(5):287-95.
- Lewis JS, Green A, Wright C. Subacromial impingement syndrome: the role of posture and muscle imbalance. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;14(4):385-92.
- Lukasiewicz AC, McClure P, Michener L, Pratt N, Sennett B. Comparison of 3-dimensional scapular position and orientation between subjects with and without shoulder impingement. *J Orthop Sports Phys Ther* 1999;29(10):574-83.
- Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther* 2000;80(3):276-91.
- Borstad JD, Ludewig PM. The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005;35(4):227-38.
- Karduna AR, McClure PW, Michener LA, Sennett B. Dynamic measurements of three-dimensional scapular kinematics: a validation study. *J Biomech Eng* 2001;123(2):184-90.
- Hinman MR. Interrater reliability of flexicurve postural measures among novice users. *J Back Musculoskeletal Rehabil* 2003;17:33-6.
- Lewis JS, Wright C, Green A. Subacromial impingement syndrome: the effect of changing posture on shoulder range of movement. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005;35(2):72-87.
- Lewis JS, Valentine RE. Clinical measurement of the thoracic kyphosis. A study of the intra-rater reliability in subjects with and without shoulder pain. *BMC Musculoskelet Disord* 2010;11:39.
- Falla DL, Jull GA, Hodges PW. Patients with neck pain demonstrate reduced electromyographic activity of the deep cervical flexor muscles during performance of the craniocervical flexion test. *Spine (Phila Pa 1976)* 2004;29(19):2108-14.

26. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996;21(22):2640-50.
 27. Lee LJ, Coppeters MW, Hodges PW. Anticipatory postural adjustments to arm movement reveal complex control of paraspinal muscles in the thorax. *J Electromyogr Kinesiol* 2009;19(1):46-54.
 28. Boyles RE, Ritland BM, Miracle BM, Barclay DM, Faul MS, Moore JH, et al. The short-term effects of thoracic spine thrust manipulation on patients with shoulder impingement syndrome. *Man Ther* 2009;14(4):375-80.
 29. Strunce JB, Walker MJ, Boyles RE, Young BA. The immediate effects of thoracic spine and rib manipulation on subjects with primary complaints of shoulder pain. *J Man Manip Ther* 2009;17(4):230-6.
 30. Feil CH, Morgan WE. The importance of the thoracic spine in shoulder mechanics. *Dynamic Chiropractic* 2010;10(28):17-8.
 31. Ludewig PM, Braman JP. Shoulder impingement: Biomechanical considerations in rehabilitation. *Man Ther* 2011;1(16):33-9.
-