

**Eva Guedes Cota**

**CARACTERÍSTICAS BIOMECÂNICAS DA ARTICULAÇÃO  
ESCAPULOTORÁCICA NO RETORNO DA ELEVAÇÃO DOS  
MEMBROS SUPERIORES: uma revisão crítica da literatura**

**Belo Horizonte**

**2010**

**Eva Guedes Cota**

**CARACTERÍSTICAS BIOMECÂNICAS DA ARTICULAÇÃO  
ESCAPULOTORÁCICA NO RETORNO DA ELEVAÇÃO DOS  
MEMBROS SUPERIORES: uma revisão crítica da literatura**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Fisioterapia com ênfase em Ortopedia apresentado ao Departamento de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Fisioterapia com ênfase em Ortopedia

Orientadora: Christina Danielli Coelho de Moraes Faria, Ph.D.

**Belo Horizonte**

**2010**

C843c Cota, Eva Guedes  
2010 Características biomecânicas da articulação escapulotorácica no retorno da elevação dos membros superiores: uma revisão crítica da literatura. [manuscrito] / Eva Guedes Cota – 2010.  
30f. Enc.:il.

Orientadora: Christina Danielli Coelho de Morais Faria

Especialização (monografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 28-30

1. Ortopedia. 2. Biomecânica. 3. Membros superiores. I. Faria, Christina Danielli Coelho de Morais. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.

CDU: 612.76

**Ficha catalográfica elaborada pela equipe de bibliotecários da Biblioteca da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.**

## RESUMO

Observações clínicas indicam que os pacientes com disfunções no complexo articular do ombro descrevem o movimento de retorno da elevação dos membros superiores (MMSS), como mais doloroso que a elevação. Tendo em vista a relevância da articulação escapulotorácica para compreender a cinemática e a atividade muscular do complexo articular do ombro e as possíveis características específicas do movimento de retorno da elevação dos MMSS, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão crítica da literatura sobre as características biomecânicas da articulação escapulotorácica no retorno da elevação dos MMSS em indivíduos saudáveis e com disfunções no complexo articular do ombro. Para isso, foram realizadas pesquisas nas bases de dados MedLine (PubMed), LILACS, Scielo e PEDRo seguida de busca manual e, após análise, selecionados 14 estudos que atenderam aos critérios de inclusão previamente estabelecidos. Desses, 8 investigaram características cinemáticas, 6 características eletromiográficas, sendo que 2 estudos investigaram as duas características associadas e apenas 2 apresentaram resultados relacionados a indivíduos com disfunções no complexo articular do ombro. Os resultados desses estudos demonstraram que, durante o retorno, os movimentos tridimensionais da articulação escapulotorácica envolvem a combinação de rotação inferior (eixo perpendicular ao plano da escápula), inclinação anterior (eixo medial-lateral) e rotação interna (eixo vertical) seja no plano frontal (retorno da abdução), sagital (retorno da flexão) ou no plano escapular. Dessa forma, o retorno da elevação dos membros superiores resulta em reversão dos movimentos escapulotorácicos que ocorrem durante a elevação dos MMSS, mas apresenta diferenças significativas nas posições angulares da articulação escapulotorácica em relação à elevação, principalmente para os movimentos de rotação interna e inclinação anterior. A atividade muscular isolada e co-ativação dos músculos escapulotorácicos reduzem gradualmente durante o movimento de retorno da elevação dos MMSS e apresentam menores magnitudes quando comparado à fase de elevação. A escassez de estudos que avaliaram as características biomecânicas da articulação escapulotorácica em indivíduos com disfunções no complexo articular do ombro limita a compreensão da cinemática e atividade muscular nessa população específica.

**Palavras-chave:** biomecânica, escápula, membros superiores, eletromiografia

## ABSTRACT

Clinical observations have shown that patients with disorder of the shoulder joint complex describe the lowering of the arms to be more painful than its raising. The scapulothoracic joint has an important role in the understanding of the shoulder joint complex kinematics and muscle activity, as well as in the specific features during the lowering of the arms. Therefore, the aim of this study was to conduct a critical review about the biomechanical characteristics of the scapulothoracic joint during the lowering of the arms in healthy subjects and subjects with shoulder disorders. A computerized search was performed in MEDLINE, SCIELO, LILACS and PEDro databases. Hand search was also conducted and, after reading the full texts, fourteen studies remained eligible to be included according to the inclusion criteria previously established. Among the included studies, eight have investigated kinematic characteristics and six presented electromyography characteristics. Two studies analyzed both characteristics and, only two showed results related to individuals with shoulder disorders. The results of these studies showed that during the lowering of the arms, the three-dimensional movements of the scapulothoracic joint involved a combined movement of downward rotation (perpendicular axis to the scapular plane), anterior tilt (medial-lateral axis) and internal rotation (vertical axis) in the frontal (lowering of arm abduction), sagittal (lowering of arm flexion) and scapular planes. Thus, the lowering of the arms is considered to be a reverse movement of the scapulothoracic movements during arm elevation. However, there are significant differences in angular positions of the scapulothoracic joint when compared to arm elevation, mainly in the downward rotation and tilt movements. The isolated scapulothoracic muscles activity and its co-activation reduce gradually during the lowering of the arms and present lower values when compared to the elevation phase. The lack of studies that assess the biomechanical characteristics of the scapulothoracic joint in individuals with shoulder disorders limits the understanding of kinematics and muscle activity in this specific population.

**Keywords:** biomechanics, scapula, upper extremity, electromyography

## LISTA DE ABREVIATURAS

CIVM-	Contração Isométrica Voluntária Máxima
EMG-	Eletromiografia
EMGI-	Atividade Eletromiográfica Integrada
MMSS -	Membros Superiores
SA -	Serrátil Anterior
TT -	Trapézio Transverso
TA -	Trapézio Ascendente
TD -	Trapézio Descendente

## SUMÁRIO

<b>1-INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2 MÉTODOS</b> .....	7
<b>3 RESULTADOS</b> .....	9
3.1 Cinemática e atividade muscular da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores em indivíduos saudáveis.....	10
3.2 Cinemática e atividade muscular da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores após tarefa de fadiga.....	12
3.3 Cinemática e atividade muscular da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores em indivíduos com disfunções no complexo articular do ombro.....	13
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	15
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	20
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	21

## 1 INTRODUÇÃO

A articulação escapulotorácica compõe o complexo articular do ombro e consiste na escápula e nos músculos que cobrem a superfície da parede torácica posterior. Esses músculos atuam na escápula e auxiliam no controle de seus movimentos durante a realização de atividades funcionais que envolvem o uso dos membros superiores<sup>1,2</sup>. Essa estrutura é considerada uma articulação funcional por não apresentar as características anatômicas comuns às demais articulações, como união por tecidos cartilagosos ou sinoviais. Entretanto, a descrição dos movimentos da escápula em relação ao tórax são realizados como se fossem segmentos ósseos unidos devido à associação interdependente entre a escápula e as articulações esternoclavicular (EC) e acromioclavicular (AC)<sup>2</sup>.

A integração entre os membros superiores e o tórax fornecida pelo complexo articular do ombro permite grande amplitude de movimento para realizar alcance e posicionar as mãos para atender às demandas funcionais dos indivíduos<sup>3,4</sup>. Essas demandas de mobilidade necessitam de uma base estável dinamicamente que é promovida pelas características de movimentos conjuntos que ocorrem entre as articulações do complexo do ombro e pela ação coordenada da musculatura. A estabilidade dinâmica do complexo articular do ombro é mantida pelo fato das estruturas dependerem mais da ação muscular do que da integridade das estruturas articulares<sup>2</sup>. A ativação simultânea dos músculos escapulotorácicos (músculos levantador da escápula, porções ascendente, transversa e descendente do músculo trapézio, rombóides e serrátil anterior) contribui para a mobilidade e estabilidade do ombro as quais são necessárias durante atividades funcionais<sup>1,2</sup>. Alterações na coordenação entre pares musculares sinérgicos podem conduzir a modificações na cinemática escapular e nos padrões de recrutamento muscular<sup>5</sup>.

Considerando observações clínicas de que os pacientes com disfunções no complexo do ombro descrevem o movimento de retorno dos MMSS, principalmente em amplitude intermediárias, como mais doloroso que a elevação, o estudo das características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante o movimento de retorno dos MMSS pode contribuir para a tomada de decisões clínicas adequadas e específicas. Além disso, permite compreender a cinemática e a ação da musculatura estabilizadora da escápula durante a atividade muscular excêntrica que ocorre no retorno da elevação dos MMSS<sup>6</sup>. Estudos prévios<sup>6,7</sup> descreveram e encontraram diferenças significativas entre os movimentos de elevação e retorno dos membros superiores, os quais se caracterizaram por reversão dos



movimentos que ocorrem durante a elevação<sup>6,7</sup>. Dessa forma, a compreensão das características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos MMSS é importante para ampliação do conhecimento sobre os movimentos humanos, principalmente, em uma região essencial ao desempenho funcional, como o complexo articular do ombro<sup>1,2</sup>.

Vários estudos têm investigado as características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante a elevação dos MMSS<sup>5,6,7,8</sup> e recentes revisões da literatura têm contribuído para a consolidação do conhecimento com relação às características biomecânicas, principalmente da cinemática e atividade muscular, durante a elevação dos MMSS<sup>9,10</sup>. Entretanto, o movimento de retorno é tão importante quanto a elevação, já que sucede o mesmo e apresenta associação com queixas específicas dos indivíduos<sup>6,7</sup>. Tendo em vista a relevância da articulação escapulotorácica para compreender a cinemática e a atividade muscular do complexo articular do ombro e as possíveis características específicas do movimento de retorno da elevação dos MMSS, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão crítica da literatura sobre as características biomecânicas da articulação escapulotorácica no retorno da elevação dos MMSS em indivíduos saudáveis e com disfunções no complexo articular do ombro.

## 2 MÉTODO

Foram realizadas pesquisas nas bases de dados MedLine (PubMed), LILACS, Scielo e PEDro para a busca de estudos que avaliaram características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos MMSS. Foram elaboradas estratégias de busca específicas para cada uma das bases de dados usando a combinação das seguintes palavras-chave: "*lowering of the arms*", "*elevation of the arms*", "*adduction of the arms*", *biomechanics*, *Kinematics*, *kinetics*, *electromyography*, "*muscular activity*", *movement*, "*motion analysis*", "*scapulohumeral rhythm*", *scapula* e *scapulothoracic*.

Os critérios de inclusão dos estudos foram os seguintes: ter realizado a avaliação de alguma característica biomecânica da articulação escapulotorácica no retorno da elevação dos MMSS em indivíduos saudáveis e /ou com disfunções no complexo articular do ombro, estar nos idiomas inglês, espanhol, francês ou português até agosto de 2010 nas bases de dados eletrônicas pesquisadas. Foram excluídos estudos em que a avaliação dos participantes foi realizada em decúbito, estudos em que os participantes apresentavam prótese no complexo articular do ombro e em que houve restrição do movimento da articulação escapulotorácica, como, por exemplo, pelo uso de "*tapping*". Restrição do movimento consiste em não permitir que a articulação e músculos associados se movam através da amplitude completa de movimento<sup>11</sup>.

A seleção dos estudos a serem incluídos na presente revisão foi realizada em cinco etapas distintas. A primeira etapa consistiu em realizar buscas nas bases de dados selecionadas. Na segunda etapa, foi realizada a leitura dos títulos de todos os estudos encontrados e excluídos aqueles que não atendiam aos critérios de inclusão previamente estabelecidos. Na terceira etapa, foi realizada a leitura crítica dos resumos dos artigos para confirmar se atendiam aos critérios de inclusão. A quarta etapa consistiu na leitura completa dos estudos selecionados nas etapas anteriores. A quinta e última etapa consistiu na busca manual, utilizando as referências de todos os artigos incluídos na etapa anterior. Todas as etapas foram realizadas por dois avaliadores independentemente, sendo ambos fisioterapeutas.

### 3 RESULTADOS

Na primeira etapa, a pesquisa realizada retornou 232 estudos no total, sendo 177 na Medline (PubMed), 21 no PEDro, 14 no Scielo e 20 na LILACS. Nessa etapa foram encontrados 222 estudos diferentes. Na segunda etapa da seleção, foram excluídos 128, restando 94 estudos para leitura dos resumos. Após a terceira etapa, foram excluídos 79 estudos, restando 15 para leitura dos textos na íntegra. Desses estudos, foram excluídos 3 na quarta etapa. Na quinta etapa, foram selecionados 3 estudos através de busca manual, sendo excluído um por não estar disponível por nenhum método de acesso até o desenvolvimento desta revisão. Dessa forma, esta revisão foi realizada com 14 estudos.

As características dos estudos selecionados são apresentadas no quadro 1. Como pode ser observado neste quadro, o primeiro estudo encontrado que investigou o retorno da elevação dos MMSS foi publicado em 1990<sup>12</sup>. Todos os estudos incluídos na presente revisão apresentaram avaliação do movimento de retorno da elevação dos MMSS de forma dinâmica<sup>6,7,8,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22</sup>. Além disso, em todos os estudos que apresentaram os desfechos cinemáticos, foi utilizado o sistema eletromagnético<sup>6,7,8,13,14,15,21,22</sup> e em todos os estudos que apresentaram os desfechos de atividade muscular foi utilizada a eletromiografia de superfície<sup>12,15,16,17,18,19,20,22</sup> (Tabela 1). Os dados eletromiográficos foram apresentados considerando a quantidade de ativação isolada dos músculos analisados a partir do percentual de contração isométrica voluntária máxima (% CIVM) em quatro estudos<sup>16,17,18,20</sup> e a quantidade de ativação simultânea (co-ativação) entre músculos sinérgicos em três estudos<sup>19,20,22</sup>. Entretanto a forma como a atividade simultânea foi operacionalizada foi diferente em um dos estudos<sup>22</sup>, que apresentou os dados eletromiográficos como percentual da atividade eletromiográfica integrada (%EMGI), sendo a atividade eletromiográfica calculada baseando-se na EMGI de 100% para cada músculo dos 120° ao máximo de elevação, enquanto os outros estudos utilizaram o percentual da contração isométrica voluntária máxima<sup>16,17,18,20</sup>.

Quadro 1  
Características dos estudos que apresentaram investigação das características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores

(Continua)

Estudo	População	Método de Medida	Dados Cinemáticos	Desfechos Biomecânicos
Bull, Freitas, Vitti (1990)	Indivíduos com idade de 20 a 30 anos (n=25)	Eletromiografia de superfície durante o movimento dinâmico	Retorno do movimento de elevação máxima no plano escapular e no plano sagital (retorno da flexão)	Atividade eletromiográfica do músculo TA e porção inferior do músculo SA
Filho, Furlani, Freitas (1991)	Indivíduos Adultos (n=20)	Eletromiografia de superfície durante o movimento dinâmico	Retorno do movimento de elevação máxima no plano escapular e no plano sagital (retorno da flexão)	Atividade eletromiográfica isolada dos músculos TT, TA e TD
Borstad & Ludewig (2002)	Indivíduos Assintomático(n=26): idade média de 39,9 anos (20-71 anos) Sintomáticos (n=26): idade média de 39,7 anos (25-68 anos)	Medida tridimensional dinâmica – Sistema eletromagnético	Retorno do movimento de elevação no plano escapular: ADM: 120°- 40° Ângulos de mensuração: 120°, 100°, 80°, 60° e 40°	Inclinação anterior/ posterior, rotação superior/ inferior, rotação interna/externa
McClure <i>et al</i> (2004)	Indivíduos Saudáveis (n=8), idade média de 32,6 anos (27 a 37 anos)	Medida tridimensional dinâmica – Sistema eletromagnético	Retorno do movimento de elevação no plano escapular ADM: 147°-11° Retorno do movimento de elevação no plano sagital (retorno da flexão): ADM: 153°-16°	Inclinação anterior/ posterior, rotação superior/ inferior, rotação interna/externa
Fia <i>et al</i> (2008)	Indivíduos Saudáveis (n=10) Idade média de 29 ± 5,4 anos	Eletromiografia de superfície durante o movimento dinâmico	Retorno da elevação completa no plano escapular Fases: início- 150°(1b), 150°-120° (2b) 120°-90° (3b), 90°-60° (4b) 60°-30° (5b), 30° - final (6b)	Atividade Eletromiográfica isolada (% CIVM) dos músculos SA, TT, TA e TD
Faria <i>et al</i> (2008)	Indivíduos Saudáveis e com SI GC(n=10):idade média de 29 ± 5,35 anos SI(n=10):idade média de 28.6 ±5,89 anos	Eletromiografia de superfície durante o movimento dinâmico	Retorno da elevação completa no plano escapular Fases: início-150°(1b) 150°-120° (2b) 120°-90° (3b) 90°-60° (4b) 60°-30° (5b) 30° - final (6b)	Atividade eletromiográfica isolada (% CIVM) dos músculos SA, TT, TA e TD Coativação dos pares TA/ SA e TT/ SA obtidas por áreas sobrepostas da atividade EMG normalizada dos pares musculares
Braman <i>et al</i> (2009)	Indivíduos saudáveis (n=12), idade média de 29,3 ± 6,8 anos	Medida tridimensional dinâmica – Sistema eletromagnético	Retorno da elevação para alcançar objeto em prateleira alta sem restrição do plano de movimento ADM: 150°- 0° Dados coletados a cada 5° de incremento de movimento escapular Dados coletados a cada 30° de incremento no posicionamento umeral: Máximo - 30° ; 120° - 90° 90° - 60°, 60° - 30° 30° - Mínimo	Inclinação anterior/ posterior, rotação superior/ inferior, rotação interna/externa
Faria <i>et al</i> (2009)	Indivíduos Saudáveis (n=10), Idade média de 29 ± 5,4 anos	Eletromiografia de superfície durante o movimento dinâmico	Retorno da elevação completa no plano escapular	Atividade eletromiográfica isolada (% CIVM) dos músculos SA, TT, TA e TD. Coativação dos pares TA/ SA e TT/ SA obtidas por áreas sobrepostas da atividade EMG Normalizada

Quadro 1  
Características dos estudos que apresentaram investigação das características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores

				(Conclusão)
Ludewig <i>et al</i> (2009)	Indivíduos saudáveis (n=12), idade média de 29,3 anos ± 6,8 anos	Medida tridimensional dinâmica – Sistema eletromagnético	Retorno da elevação no plano escapular, no plano sagital (retorno da flexão) e no plano frontal (retorno da abdução) ADM: 120° - mínimo. Dados coletados em posição de repouso, a cada 5° e 15° de incremento de elevação umeral	Inclinação anterior/posterior, rotação superior/inferior, rotação interna/externa
Szucs, Navalgund, Borstad, (2009)	Indivíduos assintomáticos (n=28), idade média de 25,2 ± 3,4 anos	Eletromiografia de superfície durante o movimento dinâmico	Retorno da elevação máxima no plano escapular: pré e pós tarefa de fadiga Ângulos: 120°, 90°, 60° e 30°	Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM dos músculos serrátil anterior, porção ascendente e descendente do músculo trapézio. Coativação (relação da ativação média entre SA/ TS, SA/ TI e TS/ TI)
Borstad, Szucs, Navalgund, (2009)	Indivíduos assintomáticos (n=28), idade média de 25,2 ± 3,4 anos	Medida tridimensional dinâmica – Sistema eletromagnético	Retorno da elevação máxima no plano escapular: pré e pós tarefa de fadiga Ângulos: 120°, 90°, 60° e 30°	Inclinação anterior/posterior, rotação superior/inferior, rotação interna/externa
Yoshizaki <i>et al</i> (2009)	Indivíduos saudáveis (n=18), idade média de 24 anos (19-30 anos)	Medida tridimensional dinâmica – Sistema eletromagnético  Eletromiografia de superfície durante o movimento dinâmico	Retorno da elevação completa no plano escapular Dados coletados a cada 10° de incremento no posicionamento glenoumeral	Rotação superior/inferior Atividade eletromiográfica (%IEMG) das porções ascendente e descendente do músculo trapézio e porção inferior do músculo serrátil anterior
Ebaugh & Spinelli (2010)	Indivíduos saudáveis (n=20), idade média de 22,5 ± 3,4 anos	Medida tridimensional dinâmica – Sistema eletromagnético  Eletromiografia de superfície durante o movimento dinâmico	Retorno da elevação completa no plano escapular em tarefa de alcance sentado em cadeira (sem contato com a escápula) Ângulos: 130°, 90°, 50° e 30°	Inclinação anterior/posterior, rotação superior/inferior, rotação interna/externa  Atividade EMG dos músculos TA, TD e serrátil anterior
Yano <i>et al</i> (2010)	Indivíduos saudáveis (n=21), idade média de 23,7 anos (18 a 32 anos)	Medida tridimensional dinâmica – Sistema eletromagnético	Retorno da elevação completa no plano escapular. Dados coletados a cada 10° de incremento	Inclinação anterior/posterior, rotação superior/inferior, rotação interna/externa

GC: Grupo Controle; SI: síndrome do impacto; CIVM: contração isométrica voluntária máxima; SA: Serrátil Anterior, TT: Trapézio Transverso; TA: Trapézio Ascendente; TD: Trapézio Descendente; SI: síndrome do impacto, EMGI: atividade eletromiográfica integrada

### 3.1 Cinemática e atividade muscular da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores em indivíduos saudáveis

A cinemática e/ou atividade muscular escapulotorácica durante o retorno da elevação dos MMSS em indivíduos saudáveis foi investigada em dez estudos que são apresentados na tabela 1, sendo que dois desses estudos avaliaram tanto a cinemática quanto a atividade muscular<sup>15,22</sup>, quatro apenas a cinemática<sup>6,7,14,21</sup> e quatro apenas a atividade muscular<sup>12,16,18,19</sup>. Seis estudos avaliaram a cinemática da articulação escapulotorácica e descreveram os movimentos tridimensionais da escápula durante o retorno da elevação dos MMSS<sup>7,8,14,15,21,22</sup>. Em síntese, todos esses estudos demonstraram que, durante o retorno, ocorreram os movimentos de rotação inferior, através do eixo perpendicular ao plano da escápula, inclinação anterior, pelo eixo medial-lateral, e rotação interna, através do eixo vertical, durante os movimentos realizados no plano frontal (retorno da abdução dos MMSS), sagital (retorno da flexão dos MMSS) e no plano escapular<sup>7,8,14,21,22</sup>. No início do retorno da elevação dos MMSS ocorre aumento da rotação interna escapular em relação ao tórax, através do eixo vertical, que se mantém ao longo do movimento, progredindo com leve aumento da rotação externa ao término do retorno<sup>7,8,14</sup>.

McClure *et al.* (2001)<sup>7</sup> compararam os movimentos de elevação e retorno dos membros superiores, encontrando diferença na orientação escapular entre esses dois movimentos, sendo, em média, 5° maior no retorno para o movimento de rotação superior durante amplitudes médias de retorno da elevação de 60° e 120° nos planos sagital e frontal. BRAMAN *et al.* (2009)<sup>14</sup> avaliaram a relação entre a elevação glenoumeral e a rotação superior escapular durante os movimentos de elevação e retorno dos MMSS. Esses autores encontraram uma relação de 0.37° de rotação inferior escapulotorácica para cada grau de movimento umeral durante o retorno e 0.43° de rotação superior na elevação, indicando que maior contribuição da articulação escapulotorácica ocorreu durante a elevação quando comparado ao retorno. Por outro lado, Ludewig *et al.* (2009)<sup>8</sup> relataram maior inclinação posterior da escápula, em média de 2°, durante o retorno quando comparado à elevação. Os autores também compararam os movimentos de retorno da elevação nos planos frontal, sagital e escapular, encontrando maior rotação interna da articulação escapulotorácica durante o retorno da flexão (diferença média de 7°) e menor rotação interna durante o retorno da abdução dos MMSS (diferença média de 7.5°) em relação ao plano escapular.

Yano *et al.* (2010)<sup>21</sup> identificaram dois tipos distintos de movimento escapular no término do retorno em indivíduos saudáveis, que consistiram na presença de rotação superior e ausência de rotação superior escapular. Esses autores também identificaram dois tipos de movimentos durante a elevação e o retorno dos MMSS: escapulotorácico e glenoumeral. O primeiro tipo se caracterizou por mais movimento escapular e menos movimento glenoumeral, enquanto o tipo glenoumeral se caracterizou por menos movimento escapular e mais movimento glenoumeral.

A atividade muscular escapulotorácica foi investigada em seis estudos<sup>12,15,16,18,19,22</sup>. Em síntese, todos eles demonstraram que ocorreu declínio gradual da quantidade de atividade eletromiográfica dos músculos estabilizadores da escápula (trapézio ascendente, transverso, descendente e serrátil anterior) durante o retorno da elevação dos MMSS no plano escapular, além de menor quantidade de atividade eletromiográfica quando comparado ao movimento de elevação.

Faria *et al.* (2008)<sup>16</sup> não encontraram diferenças significativas na atividade muscular (% CIVM) da porção ascendente do músculo trapézio nas fases entre os ângulos de 150° e 90° na qual houve níveis similares de atividade muscular com redução significativa da atividade eletromiográfica nas demais fases do retorno da elevação dos MMSS. A porção transversa do músculo trapézio apresentou maior similaridade na quantidade de atividade muscular entre todas as fases durante o retorno, ocorrendo diferença significativa apenas nas fases entre início do retorno até o ângulo de 90° e de fases entre 60° e o término do movimento. A atividade da porção descendente do músculo trapézio também foi estudada pelos autores, demonstrando redução significativa na quantidade de atividade eletromiográfica nas fases entre o início do retorno até 90° e do ângulo de 90° ao término do movimento de retorno e nas fases entre 90° ao término do movimento. O músculo serrátil anterior apresentou a maior redução na quantidade de atividade eletromiográfica, sendo o único músculo que apresentou diminuição significativa dos níveis de atividade eletromiográfica entre todas as fases analisadas.

A coativação entre pares sinérgicos formados pelos músculos serrátil anterior e as porções ascendente, descendente e transversa do músculo trapézio foi investigada em outro estudo dos mesmos autores<sup>18</sup>. A quantidade de coativação foi significativamente menor que a atividade muscular isolada, com diminuição progressiva de ambas durante o movimento de retorno. Além disso, os níveis de coativação de cada grupo sinérgico foram significativamente diferentes durante o retorno dos MMSS<sup>18</sup>.

Um dos estudos<sup>12</sup> evidenciou que a atividade muscular da porção ascendente do músculo trapézio e da porção inferior do músculo serrátil anterior cessou antes do término do retorno em alguns participantes. Nesses casos a atividade do músculo serrátil anterior cessou antes da porção ascendente do músculo trapézio.

Em três estudos<sup>16,21,22</sup> houve a comparação da cinemática e da quantidade de atividade muscular da articulação escapulotorácica entre lados dominante e não dominante. Em dois estudos<sup>16,21</sup> não foi encontrada diferença significativa entre lados com relação à cinemática<sup>21</sup> e à atividade muscular<sup>16</sup>, mas em um estudo<sup>22</sup> houve diferença significativa entre o lado dominante e o não dominante para a atividade eletromiográfica. A atividade da porção descendente do músculo trapézio foi menor no lado não dominante quando comparado ao lado dominante durante o retorno.

Tabela 1

Resultados dos estudos que apresentaram as características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores em indivíduos saudáveis

(Continua)

Estudo	Resultados
Bull, Freitas, Vitti (1990)	Apenas análise descritiva. Diminuição gradativa da atividade EMG da porção ascen músculo trapézio e da porção inferior do músculo serrátil anterior. Retorno da elevação no plano escapular: TA: atividade EMG cessou no término do retorno em 13 participantes ou antes do término em 12 participantes Porção inferior de SA: atividade EMG cessou antes do término da adução Retorno da flexão no plano sagital: TA: a atividade EMG cessou no término da extensão em 13 participantes ou antes do término em 12 participantes Porção inferior de SA: atividade EMG cessou antes do término, com exceção de dois participantes. Nos casos em que ambos os músculos cessaram a atividade EMG antes do término, a atividade da porção inferior de SA cessou antes de TA nos movimentos de retorno da elevação no plano escapular e de retorno da flexão.
Filho, Furlani, Freitas (1991)	Apenas análise descritiva Diminuição gradativa da atividade EMG de todas as porções do músculo trapézio durante o retorno do movimento de elevação máxima no plano escapular e no plano sagital (retorno da flexão)



Tabela 1

Resultados dos estudos que apresentaram as características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores em indivíduos saudáveis

(Continua)

McClure <i>et al</i> (2001)	<p>Apenas análise descritiva. Reversão dos movimentos de rotação superior, rotação externa e inclinação posterior durante o retorno da elevação no plano escapular, no plano sagital (retorno da flexão) e no plano frontal (retorno da abdução)</p> <p>Plano escapular: reversão dos movimentos de rotação superior em média(DP): 50° (4,8), rotação externa em média: 24°(12,8) e inclinação posterior em média: 30°( 13) no plano escapular</p> <p>Orientação escapular maior, em média de 5°, sendo maior para o movimento se rotação superior aos 120° e 60° de posicionamento umeral no retorno, independente do plano de realização do movimento</p>
Faria <i>et al</i> (2008)	<p>Descritivamente, houve redução da atividade EMG de todos os músculos do início ao término do retorno. Estatisticamente, houve diferença significativa da atividade EMG entre elevação e retorno para todos os músculos (<math>p &lt; 0,001</math>). Não houve interação significativa entre movimentos e lados dominante e não dominante, nem diferença significativa entre lados, nem entre lados e fases no retorno. Diferença significativa da atividade EMG entre fases dos músculos TA, TT, TD e SA (<math>p &lt; 0,01</math>):</p> <p>TA: redução de 26% para 4,5 % da CIVM. Redução significativa entre as fases (<math>p &lt; 0,04</math>), exceto entre 2b e 3b</p> <p>TT: redução de 14,1% para 8,2% da CIVM. Redução significativa entre as fases: 1b e 5b(<math>p=0,02</math>), 1b-6b(<math>p=0,01</math>), 2b-5b(<math>p=0,02</math>), 2b-6b (<math>p=0,01</math>) e 3b e 6b (<math>p=0,04</math>)</p> <p>TD: redução de 24,6 % para 12,3 % da CIVM. Redução significativa entre as fases: 4b, 5b e 6b (<math>p &lt; 0,02</math>) e entre as fases 1b, 2b e 3b e 4b, 5b e 6b (<math>p &lt; 0,03</math>)</p> <p>SA: redução de 41,2 a 8,1% da CIVM. Redução significativa entre todas as fases (<math>p &lt; 0,03</math>)</p>
Braman <i>et al</i> (2009)	<p>Descritivamente, houve aumento da rotação interna escapular do início do retorno até 130° de posicionamento glenoumeral, seguido por gradual redução da rotação interna escapular. Estatisticamente, não houve diferença significativa entre elevação e retorno para rotação interna e inclinação posterior. Valor mínimo de <math>33,2^\circ \pm 5,2</math> e máximo <math>42,8^\circ \pm 8,7</math> (<math>p &lt; 0,05</math>) para rotação interna. Redução do movimento de inclinação posterior com inclinação anterior máxima de <math>-11,8^\circ \pm 4,9</math> aos <math>15^\circ</math> e inclinação posterior máxima de <math>9,8^\circ \pm 7,5^\circ</math> aos <math>145^\circ</math> de posicionamento umeral.</p> <p>Cada 1° de retorno na posição glenoumeral resultou em <math>0,37^\circ</math> de rotação inferior da escápula e cada 1° de elevação resultou em <math>0,43^\circ</math> de rotação superior com diferença estatisticamente significativa entre elevação e retorno (<math>p &lt; 0,04</math>)</p>
Faria <i>et al</i> (2009)	<p>SA: atividade EMG média de <math>27,44 \pm 10,21\%</math> da CIVM</p> <p>TA: atividade EMG média de <math>18,43 \pm 8,0\%</math> da CIVM</p> <p>TT: atividade EMG média de <math>11,89 \pm 7,0\%</math> da CIVM</p> <p>TD: atividade EMG média de <math>19,82 \pm 16,98\%</math> da CIVM</p> <p>TA/TT/TD: média de <math>3,14 \pm 1,31\%</math> da CIVM</p> <p>TA/SA: média de <math>6,86 \pm 1,78\%</math> da CIVM</p> <p>TT/SA: média de <math>4,89 \pm 1,92\%</math> da CIVM</p> <p>Diferença estatisticamente significativa entre quantidade de atividade EMG isolada e coativação (<math>p &lt; 0,001</math>) e diferença significativa entre cada par sinérgico (<math>p &lt; 0,002</math>). Descritivamente, houve diminuição progressiva da coativação no retorno e aumento durante a elevação. A quantidade de coativação foi significativamente diferente entre elevação e retorno (<math>p &lt; 0,002</math>).</p>

Tabela 1

Resultados dos estudos que apresentaram as características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores em indivíduos saudáveis

(Conclusão)

Ludewig <i>et al.</i> (2009)	Diferença estatisticamente significativa na inclinação posterior ( $p < 0,008$ ), sendo maior no retorno em média $2^\circ$ , quando comparado a elevação Comparando-se os três planos de movimento, houve maior rotação interna no retorno da flexão (diferença média de $7^\circ$ ) e menor durante o retorno da abdução (diferença média de $7,5^\circ$ ), quando comparado ao retorno da abdução no plano escapular ( $p < 0,001$ ). Maior rotação superior aos $60^\circ$ de abdução no plano frontal, comparado com a flexão (diferença média $2^\circ$ , $p < 0,05$ ) e aos $90^\circ$ e $120^\circ$ de abdução, comparado com flexão e abdução no plano escapular (diferença média de $3^\circ$ , $p < 0,006$ )
Yoshizaki <i>et al.</i> (2009)	Retorno do movimento de rotação superior em média de $32,2^\circ \pm 5,6^\circ$ para o lado dominante e $31,8^\circ \pm 5,8^\circ$ para o lado não dominante. Não houve diferença estatisticamente significativa para o movimento de rotação superior entre lados. Descritivamente, houve declínio gradual da atividade EMG de todos os músculos e atividade EMG menor, quando comparado à elevação. Houve diferença estatisticamente significativa na atividade EMG da porção descendente do músculo trapézio entre lado dominante e não dominante ( $p < 0,049$ ), sendo menor no lado não dominante.
Ebaugh & Spinelli (2010)	Rotação externa escapular significativamente maior ( $p < 0,01$ ) em média $3,3^\circ$ no retorno, quando comparado à elevação. Não houve diferença significativa entre as fases de elevação e retorno para rotação superior e inclinação posterior Quantidade de atividade EMG durante o retorno significativamente menor dos músculos serrátil anterior, em média $48,9 \pm 6,1$ mV, porção ascendente do trapézio, em média $71,8 \pm 13,2$ mV e porção descendente do trapézio, em média $45,3 \pm 12,3$ mV, em relação à elevação. Redução de 61%, 42% e 39% na atividade EMG para as porções ascendente e descendente do músculo trapézio e do músculo serrátil anterior, respectivamente.
Yano <i>et al.</i> (2010)	Reversão dos movimentos de rotação superior em média de $37,6 \pm 7,2^\circ$ no lado dominante e $44,8^\circ \pm 6,8^\circ$ no lado não dominante; rotação interna em média de $37,9 \pm 6,5^\circ$ no lado dominante e $39,5 \pm 5,9^\circ$ no lado não dominante; inclinação posterior em média de $36,8 \pm 12,2^\circ$ para o lado dominante e de $37,1 \pm 12^\circ$ no lado não dominante. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os lados para rotação superior ( $p = 0,24$ ), inclinação posterior ( $p = 0,07$ ) e rotação interna ( $p = 0,98$ ) Fase terminal do retorno: Escápulas bilaterais rodaram superiormente em 9 participantes, ocorrendo mais movimento articular glenoumeral e menos movimento escapular (tipo glenoumeral) Escápulas bilaterais não rodaram inferiormente em 4 participantes, ocorrendo mais movimento articular escapular e menos movimento glenoumeral (tipo escapulotorácico) Em 8 participantes ocorreram movimentos distintos entre lado dominante e lado não dominante Diferença significativa entre os dois tipos de movimento glenoumeral e escapulotorácico ( $p < 0,02$ ). Vinte e seis ombros tipo glenoumeral e dezesseis ombros tipo escapulotorácico.

DP: desvio padrão, EMG: eletromiografia, SA: Serrátil Anterior, TT: Trapézio Transverso; TA: Trapézio Ascendente; TD: Trapézio Descendente

### **3.2 Cinemática e atividade muscular da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores após tarefa de fadiga**

De acordo com a literatura pesquisada, dois estudos<sup>13,20</sup> avaliaram o retorno da elevação dos MMSS em uma condição especial de avaliação da cinemática<sup>13</sup> e da atividade muscular<sup>20</sup> após uma tarefa de fadiga da musculatura escapulotorácica. A tarefa de fadiga que precedeu a avaliação das características biomecânicas durante o retorno da elevação consistiu em manter isometricamente a posição de “*push-up*”, modificada por apoiar os pés em “*step*” com a intenção de manter a relação angular de 90° entre a posição do úmero e o tronco.

Borstad, Szucs e Navalgund *et al.* (2008)<sup>13</sup> evidenciaram que a tarefa de fadiga contribuiu significativamente para o aumento na quantidade de rotação interna e redução da quantidade de inclinação posterior nos maiores ângulos de posicionamento glenoumeral durante o retorno da elevação dos MMSS. Os autores também encontraram efeito significativo do tempo nesses movimentos, indicando que a tarefa contribuiu para aumentar a taxa de rotação interna e inclinação da articulação escapulotorácica durante o retorno. Entretanto, não houve interação ou efeitos principais significativos entre a tarefa de fadiga e o movimento de rotação inferior da escápula.

Em outro estudo dos mesmos autores<sup>20</sup>, a ativação e coativação muscular escapulotorácica foi investigada após realização da mesma tarefa de fadiga. Após essa tarefa, houve aumento significativo da atividade eletromiográfica da porção ascendente do músculo trapézio. A tarefa contribuiu para o aumento da atividade muscular da porção ascendente do músculo trapézio nos ângulos de posicionamento glenoumeral de 120°, 90° e 60°. Entretanto, não houve efeito de interação significativo entre a tarefa de fadiga e a atividade muscular isoladas dos demais músculos e coativação entre pares sinérgicos. Houve redução significativa na coativação de serrátil anterior/trapézio transverso durante o movimento de retorno da elevação, porém sem efeito de interação significativo com a tarefa de fadiga muscular.

### **3.3 Cinemática e atividade muscular da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores em indivíduos com disfunções no complexo articular do ombro**

Dois estudos investigaram características biomecânicas, sendo que um deles investigou a cinemática<sup>6,17</sup> e o outro a atividade muscular escapulotorácica<sup>17</sup>, durante o retorno da elevação dos MMSS em indivíduos com disfunções no complexo articular do ombro (Tabela 2). Os dois estudos que investigaram esses desfechos durante o retorno da elevação dos MMSS compararam indivíduos saudáveis com indivíduos com síndrome do impacto no ombro. Borstad & Ludewig (2002) avaliaram a cinemática escapular durante o retorno dos MMSS em trabalhadores sintomáticos e assintomáticos com exposição a realização de trabalho acima da cabeça. Os autores desse estudo compararam a orientação escapular em diferentes posições umerais (120°, 100°, 80°, 60° e 40°) e evidenciaram diferenças significativas na rotação interna escapular durante o retorno aos 100° de posicionamento umeral, ocorrendo, em média, 1,2° a mais desse movimento em ambos os grupos. O grupo com síndrome do impacto apresentou alteração significativa na cinemática da articulação escapulotorácica quando comparado ao grupo de indivíduos assintomáticos, em média, 1,8° a mais de rotação interna apenas no posicionamento glenoumeral de 120° quando comparado ao grupo controle durante o retorno da elevação dos MMSS.

Faria *et al.* (2008)<sup>17</sup> compararam a atividade muscular isolada dos músculos serrátil anterior e porções ascendente, transversa e descendente do músculo trapézio e a coativação dos pares sinérgicos serrátil anterior / porções ascendente e serrátil anterior / porção transversa do músculo trapézio durante o retorno entre indivíduos saudáveis e com síndrome do impacto no ombro durante o retorno. Os autores não encontraram diferença significativa entre grupos na atividade eletromiográfica isolada de todos os músculos avaliados e na coativação da porção ascendente do músculo trapézio / serrátil anterior. Foram evidenciadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos na coativação entre os músculos trapézio transverso / serrátil anterior, sendo significativamente menor no grupo com síndrome do impacto. Houve redução na atividade eletromiográfica durante o movimento completo de retorno dos membros superiores em ambos os grupos e lados, exceto entre as fases de 150° e 120° e 120° e 90°.

Tabela 2  
Resultados dos estudos que apresentaram as características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores em indivíduos com disfunções do complexo articular do ombro

Estudo	Resultados
Borstad & Ludewig (2002)	<p>Não houve diferença estatisticamente significativa para rotação superior/ inferior entre elevação e retorno.</p> <p>Grupo sintomático apresentou aumento estatisticamente significativo na rotação inferior aos 40° e 60° do posicionamento glenoumeral na fase excêntrica (<math>p &lt; 0,05</math>), quando comparado ao grupo assintomático</p> <p>Nenhum grupo apresentou efeito de fase ou de interação com fase para os ângulos de 40°, 60° ou 80°</p> <p>Aumento significativo da rotação interna no posicionamento umeral aos 100° em ambos os grupos (1,2°, erro padrão de 0,5°; <math>p &lt; 0,05</math>) e no ângulo de 120° somente no grupo sintomático (1,8°, erro padrão de 0,5°; <math>p &lt; 0,05</math>)</p> <p>Redução significativa na inclinação anterior em ambos os grupos aos 120° (<math>p &lt; 0,0001</math>), 100° (<math>p &lt; 0,0001</math>) e 80° (<math>p &lt; 0,001</math>)</p> <p>Com redução média de 2,7°, 2,5°, 1,3° e erro padrão médio de 0,45°, 0,45° e 0,35°, respectivamente. Não houve diferença significativa entre grupos para inclinação anterior.</p>
Faria <i>et al</i> (2008)	<p>Não houve diferença estatisticamente significativa entre grupos, entre lados e entre grupos e lados para a atividade EMG de todos os músculos. Nenhuma diferença significativa da atividade EMG isolada dos músculos serrátil anterior e porções descendente, transversa e ascendente do músculo trapézio.</p> <p>Diferenças estatisticamente significativas entre grupos para coativação de TT/SA (<math>p = 0,02</math>).</p> <p>Nenhuma diferença significativa entre lados e nenhuma interação significativa entre grupos e lados.</p> <p>Descritivamente, houve redução gradual da coativação TT/SA com diferenças estatisticamente significativas entre fases (<math>p &lt; 0,013</math>), exceto entre as fases 2 e 3 (<math>p = 0,06</math>). Nenhuma diferença significativa na coativação da porção ascendente do músculo trapézio e do músculo serrátil anterior. Não houve diferenças entre lados, nem interação significativas entre grupos e fases, lados e fases ou grupos, lados e fases.</p>

SA: Serrátil Anterior, TT: Trapézio Transverso; TA: Trapézio Ascendente; TD: Trapézio Descendente

## 4 DISCUSSÃO

As características biomecânicas da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos MMSS reportadas pelos estudos incluídos nesta revisão crítica da literatura foram a cinemática e a atividade muscular. A cinemática permite a descrição dos movimentos, podendo incluir variáveis como tipo de movimento (rotação ou translação), localização (planos frontal, sagital ou transversal), direção e quantidade de movimento (deslocamentos ou velocidade angular)<sup>2</sup>. A atividade muscular avaliada por meio da eletromiografia permite registrar e quantificar a ação muscular isolada e os padrões de contração e relaxamento de vários músculos agindo simultaneamente durante os movimentos. Quando usada em combinação com medidas cinéticas e/ou cinemáticas, como instrumentação para mensuração de torque e sistemas de análise do movimento, esses estudos fornecem maior compreensão da função muscular<sup>23</sup>.

Apenas em 1990 foi publicado o primeiro estudo<sup>12</sup> sobre o retorno da elevação dos MMSS, enquanto o primeiro estudo sobre a elevação dos MMSS foi publicado em 1944<sup>24</sup>. Apesar da escassez de estudos que avaliaram as características biomecânicas da articulação escapulotorácica no retorno da elevação dos membros superiores, têm crescido o número de estudos que avaliam ambos os movimentos de elevação e retorno dos membros superiores.

Segundo os resultados dos 14 estudos<sup>6,7,8,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22</sup> incluídos nesta revisão, os movimentos tridimensionais da articulação escapulotorácica durante o retorno da elevação dos membros superiores envolvem a combinação de rotação inferior, inclinação anterior e rotação interna. O movimento predominante é a rotação inferior da escápula e foi observada grande variabilidade entre os estudos na descrição do movimento de rotação interna da escápula, possivelmente pelas características dos participantes, planos em que foram avaliados os movimentos e as fases selecionadas durante o movimento de retorno da elevação dos membros superiores. A atividade muscular e co-ativação dos músculos escapulotorácicos reduz gradualmente durante o movimento de retorno da elevação dos MMSS. A quantidade de atividade eletromiográfica durante o retorno foi menor quando comparado a fase de elevação.

Os estudos que avaliaram os movimentos tridimensionais em indivíduos saudáveis evidenciaram que as posições angulares da articulação escapulotorácica entre os movimentos de elevação e retorno apresentam diferenças e o retorno resulta em reversão dos

movimentos que ocorrem durante a elevação dos MMSS<sup>7,8,14</sup>. As diferenças descritas ocorreram em relação aos movimentos de rotação inferior<sup>14</sup> e inclinação posterior<sup>8</sup>, que apresentaram orientação maior no retorno da elevação dos MMSS. Estudo realizado por Braman *et al.* (2009)<sup>14</sup> demonstrou que maior contribuição da articulação escapulotorácica para a rotação superior ocorre durante a elevação quando comparado a rotação inferior durante o movimento de retorno. Entretanto, outro estudo<sup>21</sup> identificou a presença de dois tipos de movimentos durante elevação e retorno, tipo escapulotorácico e glenoumeral, com a presença de variação na contribuição da articulação escapulotorácica e glenoumeral entre os participantes. Esse estudo<sup>21</sup> também avaliou a cinemática ao término do movimento do retorno e os autores evidenciaram a presença de dois tipos de movimentos que consistem em rotação superior e ausência dela em indivíduos saudáveis.

Em indivíduos com síndrome do impacto no ombro foram encontradas diferenças significativas no movimento rotação interna e rotação inferior durante o retorno da elevação dos MMSS<sup>6</sup>. Borstad & Ludewig<sup>6</sup> evidenciaram aumento significativo na rotação interna escapular no ângulo glenoumeral de 120° e na rotação inferior nos ângulos 40° e 60° de posicionamento glenoumeral em trabalhadores sintomáticos com síndrome do impacto expostos a realização de atividade ocupacionais acima da cabeça quando comparados a indivíduos assintomáticos. Esses resultados sugerem que mecanismos biomecânicos que alteram os movimentos da articulação escapulotorácica durante o retorno estão presentes em indivíduos com disfunções no complexo articular do ombro. O movimento do acrômio em direção anterior é um mecanismo que favorece o impacto de tecidos e redução do espaço subacromial, como ocorre no movimento de rotação interna escapular<sup>6</sup>.

A atividade dos músculos serrátil anterior e porções transversa, descendente e ascendente do músculo trapézio declinou gradualmente durante o retorno, apresentando padrões específicos de atividade eletromiográfica<sup>16,17,18</sup>. A quantidade de atividade muscular na fase de retorno foi menor quando comparado a fase de elevação. De acordo com Faria *et al.*(2008)<sup>16</sup>, esses resultados podem estar relacionados com a diferença no tipo de contração muscular. Durante o movimento de retorno da elevação, a contração excêntrica que ocorre tem parte da energia proveniente de componentes elásticos, os quais não são quantificados pela eletromiografia de superfície. Além disso, durante a atividade muscular concêntrica, as forças gravitacionais estão resistindo ao movimento, enquanto na atividade muscular excêntrica elas assistem o movimento dos MMSS, reduzindo a demanda de atividade muscular<sup>16</sup>.

A atividade eletromiográfica de todos os músculos no início da elevação parece ser diferente da atividade no término do retorno, apresentando um padrão reverso ao da elevação com maior ativação muscular no início e menor ativação no final do retorno<sup>16</sup>. De acordo com FARIA *et al.*<sup>16</sup>, isso pode estar relacionado ao tipo de contração muscular em cada movimento, a diferenças cinemáticas, às relações entre o comprimento do braço de força rotatória muscular e o centro instantâneo de rotação descritos por Bagg e Forrest<sup>26</sup>. Considerando as descrições biomecânicas realizadas por Bagg e Forrest (1988)<sup>26</sup>, durante a elevação, o centro instantâneo de rotação inicialmente localiza-se próximo à raiz da espinha da escápula e gradualmente, com a elevação dos membros superiores, desloca-se em direção à região da articulação acromioclavicular. Essa mudança altera o comprimento do braço de força rotatória dos músculos escapulotorácicos. O músculo serrátil anterior é o único que se mantém em vantagem mecânica durante todo o movimento de elevação, o que pode explicar o aumento progressivo em sua atividade eletromiográfica<sup>26</sup> ao longo da elevação dos membros superiores. Inicialmente, o músculo serrátil anterior e a porção ascendente do músculo trapézio apresentam comprimento adequado do braço de força para realizar rotação superior da escápula. Entretanto, a mudança do centro instantâneo de rotação em direção a articulação acromioclavicular após 90° de elevação umeral reduz o comprimento do braço de força da porção ascendente do músculo trapézio e aumenta o da porção descendente do músculo trapézio. Portanto, o pareamento de forças entre os músculos serrátil anterior/porção ascendente do trapézio no início da elevação altera gradualmente para o pareamento entre serrátil anterior/ porção descendente do trapézio ao final do movimento completo de elevação umeral em pessoas saudáveis<sup>26</sup>. A atividade eletromiográfica apresenta-se similar quando o músculo não tem braço de força rotatória<sup>26</sup>.

O músculo serrátil anterior apresenta vantagem mecânica durante todas as fases do movimento de retorno, mesmo com a mudança do centro instantâneo de rotação. Isso explica a diminuição significativa da atividade eletromiográfica entre todas as fases do retorno<sup>16</sup>. O comprimento do braço de força das diferentes porções do músculo trapézio difere devido à mudança na localização do centro instantâneo de rotação. A porção ascendente do músculo trapézio apresenta atividade muscular similar nas fases entre os ângulos de 150° e 90° nas quais sua posição não apresenta vantagem mecânica, com redução significativa nas demais fases do retorno da elevação dos membros superiores<sup>16</sup>. A porção descendente do músculo trapézio apresentou redução significativa na atividade eletromiográfica entre as fases do início do retorno até 90° e do ângulo de 90° ao término do movimento<sup>16</sup>. De acordo com a



localização do centro instantâneo de rotação, o trapézio descendente tem maior braço de força rotatória acima do ângulo de 90° de posicionamento glenoumeral. Entretanto, FARIA *et al.*<sup>16</sup> encontraram diferenças significativas da atividade eletromiográfica da porção descendente entre as fases de 90° ao término do retorno, indicando a ação da porção descendente até o término do movimento de retorno da elevação dos MMSS. A porção transversa do músculo trapézio apresentou longo platô, indicando maior similaridade entre as fases. Diferenças significativas de atividade eletromiográfica da porção transversa do músculo trapézio foram encontradas entre fases do início ao ângulo de 90° e entre 60° e o término do movimento de retorno dos membros superiores<sup>16</sup>.

O único estudo encontrado que comparou atividade muscular isolada e coativação entre indivíduos com e sem síndrome do impacto foi realizado por FARIA *et al.* (2008)<sup>17</sup>. Os autores evidenciaram diferenças significativas entre grupos somente na quantidade de coativação do par de músculos trapézio transverso/serrátil anterior, cuja coativação foi significativamente menor durante o movimento de retorno nos indivíduos com síndrome do impacto, exceto entre os ângulos de 150° e 90°<sup>17</sup>. Entretanto, os autores do estudo não avaliaram a coativação entre os músculos serrátil anterior e trapézio descendente.

Borstad & Ludewig (2002)<sup>6</sup> encontraram aumento significativo da rotação interna em indivíduos com síndrome do impacto no ângulo de 120° de posicionamento glenoumeral, que leva a maior deslocamento posterior da borda medial. Esses autores<sup>6</sup> também evidenciaram aumento significativo da rotação inferior aos 40° e 60° de posicionamento glenoumeral no grupo sintomático, quando comparado ao grupo assintomático. A rotação inferior da escápula durante o retorno da elevação dos MMSS é realizada, principalmente, pelos músculos trapézio ascendente e serrátil anterior<sup>2</sup>. Em condições em que são avaliados os movimentos funcionais como no retorno da elevação dos membros superiores, os músculos não se contraem isoladamente. De acordo com Faria *et al.* (2008)<sup>17</sup>, a coativação eletromiográfica de pares sinérgicos deve ser considerada ao comparar grupos de indivíduos com e sem síndrome do impacto, pois a atividade muscular isolada pode não representar características clínicas e funcionais relevantes. Um estudo<sup>12</sup> evidenciou que a atividade muscular ao término do retorno varia entre indivíduos saudáveis e evidenciou que em alguns indivíduos a atividade do músculo serrátil anterior cessou antes da porção ascendente do músculo trapézio ascendente. Dessa forma, a atividade muscular reduzida ou ausente desses músculos pode contribuir para aumentar a rotação inferior no término do retorno.

A fadiga muscular é uma condição que pode contribuir para o desequilíbrio na ação dos músculos da articulação escapulotorácica e disfunções cinemáticas associadas<sup>13</sup>. Ela

reduz a capacidade do músculo de produzir força e a atividade eletromiográfica costuma aumentar a medida que o músculo se fadiga porque, na tentativa de manter o nível de tensão ativa no músculo, outras unidades motoras são recrutadas para compensar a força de contração diminuída das fibras fatigadas<sup>23</sup>. Dois estudos avaliaram a cinemática<sup>13</sup> e atividade muscular<sup>20</sup> após tarefa de fadiga em indivíduos saudáveis, que consistiu em manter isometricamente a posição de “*push-up*”. A tarefa de fadiga aumentou a quantidade de rotação interna e reduziu a inclinação posterior nos maiores ângulos glenomeriais durante o movimento de retorno da elevação dos membros superiores<sup>13</sup>. A tarefa contribuiu para o aumento na atividade eletromiográfica do músculo trapézio ascendente nos ângulos glenomeriais de 120°, 90° e 60° durante o retorno da elevação dos membros superiores e houve redução significativa na coativação do par sinérgico serrátil anterior/trapézio descendente após a tarefa<sup>20</sup>.

Considerando a literatura pesquisada nesta revisão, é evidente a necessidade de padronização da terminologia usada para a descrição dos movimentos da articulação escapulotorácica devido a variabilidade entre os estudos. A Sociedade Internacional de Biomecânica<sup>25</sup> apresenta recomendações para a padronização desses termos, considerando o movimento da escápula em relação ao tórax. Recentes estudos que avaliaram a cinemática escapulotorácica têm utilizado essas recomendações<sup>8,14</sup>, enquanto outros estudos consideram o movimento da articulação escapulotorácica em relação à coluna vertebral<sup>21,22</sup>. Devido a variação da terminologia, deve-se discernir corretamente a referência usada para descrição dos movimentos de rotação interna e rotação externa da escápula. Esta revisão da literatura utiliza as recomendações da Sociedade Internacional de Biomecânica<sup>25</sup> para a descrição dos movimentos da articulação escapulotorácica. Outra limitação encontrada nos estudos incluídos nesta revisão foi a variabilidade das posições de avaliação e planos de movimento, que foram padronizados em alguns estudos<sup>16,17,18</sup> enquanto em outros estudos<sup>14,15</sup> não houve padronização e consistiu na realização de atividades funcionais. A ausência de padronização nas posições de avaliação e planos de movimento limita a comparação dos resultados dos estudos.

## 5 CONCLUSÃO

Os movimentos tridimensionais que ocorrem durante o retorno da elevação dos MMSS envolvem a combinação de rotação inferior (eixo perpendicular ao plano da escápula), inclinação anterior (eixo medio-lateral) e rotação interna (eixo vertical), seja no plano frontal (retorno da abdução), sagital (retorno da flexão) ou no plano escapular. O retorno da elevação dos MMSS resulta em reversão dos movimentos da articulação escapulotorácica que ocorrem durante a elevação dos MMSS, mas apresenta diferenças significativas nas posições angulares em relação à elevação, principalmente para os movimentos de rotação inferior e inclinação posterior. A atividade dos músculos escapulotorácicos reduz gradualmente durante o retorno da elevação. A quantidade de atividade eletromiográfica de todos os músculos foi menor no retorno da elevação dos MMSS quando comparada à elevação.

A escassez de estudos que avaliaram as características biomecânicas da articulação escapulotorácica em indivíduos com disfunções no complexo articular do ombro limita a compreensão da cinemática e atividade muscular. As mensurações da atividade muscular isolada e coativação em indivíduos com e sem síndrome do impacto foram similares, exceto pela coativação de trapézio transverso e serrátil anterior. Esses resultados evidenciam que medidas de coativação muscular podem ser mais sensíveis para detectar diferenças entre grupos de indivíduos saudáveis e com disfunções no complexo articular do ombro, além de fornecer informações objetivas sobre sinergias musculares presentes durante os movimentos funcionais.

A ausência de padronização das posições de avaliação da articulação escapulotorácica, terminologias para descrever os movimentos, planos de movimento e métodos de análise representam limitações para avaliação dos movimentos escapulares e limita a comparação entre os estudos. Além disso, os métodos de avaliação da cinemática escapular tem custo elevado, dificultando sua utilização na clínica. Futuras pesquisas devem padronizar a posição de avaliação, os planos de movimento e realizar a avaliação associada da cinemática com a ativação muscular em indivíduos saudáveis e com disfunções no complexo articular no ombro.

## REFERÊNCIAS

- 1- MAGEE, D.J. Ombro. In: \_\_\_\_\_. **Avaliação Musculoesquelética**. 5.ed. São Paulo: Manole, 2010. cap.5, p.231-360.
- 2- NORKIN, C.C. LEVANGIE, P.K. Complexo do Ombro. In: \_\_\_\_\_. **Articulações Estrutura e Função - Uma Abordagem Prática e Abrangente**. 2. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2001. cap.7, p. 204-235
- 3- LIN, J. *et al.* Functional activity characteristics of individuals with shoulder dysfunctions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v.15, p. 576-586, 2005.
- 4- MAGEE, D.J.; MATTISON, R.; REID, D.C. Shoulder Instability and Impingement Syndrome. In: MAGEE, D.J.M.; ZACHAZEWSKI, J.E.; QUILLEN, W.S. **Pathology and Intervention in Musculoskeletal Rehabilitation**, St. Louis: Saunders Elsevier, 2009. cap.5 p. 125-160
- 5- LUDEWIG, P.M.; COOK, T.M. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. **Physical Therapy**, Alexandria, v.80, n.3, p.276-291, 2000
- 6- BORSTAD, J. D.; LUDEWIG, P. M. Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane. **Clinical Biomechanics**, Oxford, v. 17, p.650-659, 2002
- 7- MCCLURE, P. W. *et al.* Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, New York, v.10, n.3, p.269-277, 2001
- 8- LUDEWIG, P. M. *et al.* Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. **The journal of bone and joint surgery**, Boston, v.91, p. 378-389, 2009
- 9- PHADKE, V; CAMARGO, P.R; LUDEWIG, P.M. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: a review of normal function and alterations with shoulder impingement. **Rev. Bras Fisioter**, São Carlos, v.13, n.1, p. 1-9, Feb. 2009
- 10- LUDEWIG, P.M.; REYNOLDS, J.F. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. **J. Orthop.Sports Phys Ther**, v.39, n.2, p.90-104, Feb.2009
- 11- MATZKIN, E.; ZACHAZEWSKI, J.E.; GARRET, W.E.; MALONE, T. R.. Skeletal Muscle: Deformation, Injury, Repair and Treatment Considerations. In: MAGEE, D.J.M.; ZACHAZEWSKI, J.E.; QUILLEN, W.S. **Scientific foundations and principles of practice in musculoskeletal rehabilitation**. St. Louis: Saunders Elsevier, 2007. p. 97-121

- 12- BULL, M.L; FREITAS,V; VITTI, M. Electromyographic study of the trapezius (pars superior) and serratus anterior (pars inferior) in free movements of the arm. **Anatomischer Anzeiger**, Deerfield Beach, v.171, p.125-133, 1990
- 13- BORSTAD, J. D.; SZUCS,K.; NAVALGUND, A. Scapula Kinematic alterations following a modified push-up plus task. **Human Movement Science**, Amsterdam, v. 28, p.738-751, 2009
- 14- BRAMAN, J. P. *et al.* In vivo assessment of scapulohumeral rhythm during unconstrained overhead reaching in asymptomatic subjects. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**. Minneapolis, v.900-967, 2009
- 15- EBAUGH, D.D.; SPINELLI, B.A. Scapulothoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task, **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v. 199-205, 2010
- 16- FARIA, C.D.C.M. *et al.* Comparisons of electromyographic activity of scapular muscles between elevation and lowering of the arms. **Physiotherapy Theory and Practice**, v.24, n.5, p. 360-371, 2008
- 17- FARIA, C.D.C.M. *et al.* Scapular Muscular Activity with shoulder impingement syndrome during lowering of the arms. **Clin J. Sport Med**, New York, v.18, n. 2, p. 130-136, 2008
- 18- FARIA, C.D.C.M. *et al.* Applicability of the coactivation method in assessing synergies of the scapular stabilizing muscles. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, Minneapolis, v. 18, 764-772, 2009
- 19- FILHO, J.G; FURLANI, J.; FREITAS, V. Electromyographic study of the trapezius muscle in free movements of the arm. **Electromyogr. Clin. Neurophysiol**, Beauveemain, v. 31, p. 93-98,1991
- 20- SZUCS,K.; NAVALGUND, A.; BORSTAD, J. D. Scapular muscle activation and co-activation following a fatigue task. **Med Biol Eng Comput**, Stevenage, v. 47, p. 487-495, 2009
- 21- YANO, Y. *et al.* Different scapular kinematics in healthy subjects during arm elevation and lowering: Glenohumeral and scapulothoracic patterns. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, Minneapolis, v.19, p.209-215, 2010
- 22- YOSHIZAKI, K. *et al.* Analysis of the scapulohumeral rhythm and electromyography of the shoulder muscles during elevation and lowering: comparison of dominant and nondominant shoulders. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, Minneapolis, v. 18, p.756-763, 2009

23- PORTNEY, G. P.; ROY, S.H. Eletromiografia e Testes de Velocidade de Condução Nervosa. In: O'SULLIVAN S. B.; SCHMITZ, T. J. **Fisioterapia Avaliação e Tratamento**. 2.ed. São Paulo: Manole, 2004. p. 213 – 250

24- INMAN, V.T.; SAUNDERS, J.B.; ABBOTT, L.C. Observations on the function of the shoulder joint. **Journal of Bone and Joint Surgery**, Boston, v.26, n.1, p.1-30,1944

25- WU *et al.* ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion- Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. **Journal of Biomechanics**, v. 38, p.981-992, 2005

26- BAGG, S.D; FORREST, W.J. A biomechanical analysis of scapular rotation during arm abduction in the scapular plane. **American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation**, Baltimore, v. 67, n.6, p.238-245, Dec.1988

