

Fábio Campos de Araújo

**MECANISMOS DE ESTABILIZAÇÃO MUSCULAR DA CINTURA
ESCAPULAR EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS -
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

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

Fábio Campos De Araújo

**MECANISMOS DE ESTABILIZAÇÃO MUSCULAR DA CINTURA
ESCAPULAR EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS -
UMA REVISÃO DA LITERATURA**

Trabalho de conclusão do curso de especialização em Fisioterapia 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 na área de Ortopedia.

Orientador: M.Sc. Lucas Rodrigues Nascimento

Co-Orientador: M.Sc. Renan Alves Resende

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

RESUMO

A compreensão das funções musculares e da cinemática escapular é importante para a adequada observação do ritmo escapuloumeral fisiológico. A literatura apresenta estudos que discutem os mecanismos de estabilização muscular desse complexo articular, e a compreensão crítica desses estudos torna o terapeuta apto a adequar a avaliação a um processo de intervenção eficiente. Dessa forma, foi realizada uma revisão na literatura de estudos descritivos e/ou observacionais exploratórios que avaliaram os mecanismos fisiológicos de estabilização muscular da cintura escapular durante a movimentação ativa do braço em indivíduos saudáveis e a influência desses mecanismos na cinemática normal da articulação. A pesquisa foi realizada nos bancos de dados Medline (Pubmed), Lilacs e Scielo de acordo com os critérios de inclusão e exclusão propostos. A partir da leitura integral dos artigos pré-selecionados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados doze artigos para descrição dos resultados por meio de uma tabela expositiva. Nos resultados foi observado que fatores como fadiga muscular, sinergismo muscular, dominância entre membros, carga externa, diferenças entre elevação passiva e ativa e entre fases de elevação e descida do braço são variáveis que fornecem informações relevantes sobre a atividade eletromiográfica das musculaturas escapulares e suas influências na cinemática e estabilidade escapular. O entendimento dos mecanismos fisiológicos de estabilização muscular da cintura escapular durante a elevação do braço mostra-se fundamental para a interpretação de possíveis anormalidades em indivíduos com disfunções dos membros superiores e potencializa as intervenções destinadas à melhora da mobilidade e função do complexo do ombro.

Palavras-chaves: Biomecânica; Escápula; Ombro; Eletromiografia; Músculos; Fisioterapia.

SUMÁRIO:

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 OBJETIVO.....	9
3 MÉTODOS	10
4 RESULTADOS.....	12
Tabela 1: Estudos Descritivos e/ou Observacionais Exploratórios	15
5 DISCUSSÃO.....	19
6 CONCLUSÃO.....	25
7 REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO:

A movimentação dos membros superiores é requisito básico para adequada realização de diversas atividades funcionais executadas durante o dia-a-dia^{1,3}. O movimento do complexo articular do ombro durante a elevação da extremidade superior inclui a movimentação sincronizada de quatro articulações e ativação de mais de dezoito musculaturas em múltiplos graus de liberdade¹. As quatro articulações envolvidas nos movimentos de elevação do braço em níveis acima da cabeça são: esternoclavicular, acromioclavicular, glenoumeral e escapulotorácica^{1,2,3}. Essas quatro articulações compõem o complexo articular de maior amplitude de movimento do corpo humano cujo movimento associado é denominado ritmo escapuloumeral (REU)^{3,6,16,19}. O arco fisiológico de elevação dos braços, nos planos frontal e sagital, é de aproximadamente 180 graus^{1,7}.

A caracterização da cinemática do complexo do ombro é descrita em uma relação média de 2:1 entre os movimentos na articulação glenoumeral e escapulotorácica, respectivamente, sendo a relação variável ao longo do movimento completo de elevação do membro superior⁵. Estudos mais recentes fizeram uso de tecnologias tridimensionais caracterizando de forma mais complexa e ampla os planos de movimento escapular em três tipos de movimentos: inclinação anterior/posterior, rotação interna/externa e rotação superior/inferior^{6,8,10,18,23}. Entretanto, observa-se uma grande diversidade nos valores encontrados relacionados à cinemática escapular, pois o rastreamento dinâmico utiliza-se de marcadores de superfícies, que devido à movimentação significativa de pele e tecidos subcutâneos aumentam a imprecisão das marcações dos pontos de referência do movimento escapular⁹.

Como citado anteriormente, os movimentos escapulares são observados em três planos de movimento durante a elevação e descida do braço. Inclinação anterior/posterior são rotações escapulares em torno de um eixo aproximadamente paralelo à espinha da escápula no qual o processo coracóide move-se em sentido ântero-posterior e crânio-caudal, sendo que o movimento de ponteamento escapular ocorre quando há um excesso de inclinação anterior^{1,9}. Rotação interna/externa ocorre predominantemente em torno de um eixo vertical escapular, sendo que o movimento excessivo de

rotação interna é caracterizado como alimento escapular^{1,9}. A rotação superior/inferior ocorre sobre um eixo perpendicular ao plano da escápula^{1,9,12,15}. Além disso, as rotações da clavícula são usadas para descrever a posição da escápula em relação ao tórax e incluem dois movimentos: protração/retração e elevação/depressão escapular^{9,20,22}. Durante o movimento fisiológico de elevação do braço no plano escapular (aproximadamente 30° anterior ao plano frontal de abdução) é esperado que ocorra rotação superior, inclinação posterior e rotação externa escapular, com retração e elevação clavicular, e elevação e rotação externa do úmero^{13,14,19,23}.

Estudos de eletromiografia (EMG) têm sido utilizados com o objetivo de melhorar a compreensão das contribuições relativas dos componentes musculares para a cinemática do ombro, uma vez que há uma escassez de outros instrumentos relacionados à avaliação adequada da cinemática e cinética do complexo articular^{2,3}. Associada à análise tridimensional computadorizada, definida como método não invasivo de avaliação dinâmica dos movimentos do ombro, os perfis de atividade EMG dos músculos do ombro e cintura escapular fornecem informações sobre a ativação das musculaturas relacionadas aos movimentos glenoumerais e escapulares³. Os resultados provenientes desses estudos possibilitaram concluir que a ação coordenada dos músculos estabilizadores da escápula é responsável por quatro funções básicas: manter o centro de rotação glenoumeral constante enquanto braço, escápula, tronco e corpo estão em movimento; proporcionar movimento escapular ao longo da parede torácica; permitir elevação do acrômio para ação do manguito rotador durante a rotação glenoumeral; e estabelecer conexão miofascial entre extremidade superior e tronco permitindo transmissão de força adequada entre diversas partes do corpo¹⁸.

Alterações no desempenho e coordenação dos músculos estabilizadores escapulares durante os movimentos do braço podem gerar compensações e disfunções que podem comprometer a função articular normal. Alterações na cinemática escapulotorácica normal incluem determinados fatores como fraqueza ou encurtamento muscular, traumas, tarefas repetitivas acima da linha da cabeça e dor, sendo que esses fatores podem potencialmente levar a alterações no controle muscular e anormalidades do movimento escapular¹². Há muitos mecanismos propostos para desordens musculoesqueléticas do

ombro, incluindo alterações biomecânicas, lesões agudas ou crônicas, fraqueza ou lesões do manguito rotador, alterações posturais e anatômicas, como por exemplo, variações no formato do acrômio ou úmero²⁷. A discinesia escapular é considerada quando há um aumento da inclinação anterior, diminuição da rotação superior e aumento da rotação interna escapular^{1,19}. Esse padrão de movimento está associado a alterações no ritmo escapuloumeral, aumento na tensão do ligamento glenoumeral ântero-inferior e diminuição da ativação do músculo supraespinhoso^{3,19}. Ainda não é claro se a artrocinemática escapular anormal precede ou é consequência do padrão anormal de recrutamento motor dos músculos da escápula, mas é certo que o movimento fisiológico e função adequada do ombro são dependentes da função normal das musculaturas estabilizadoras escapulares¹⁶.

Nesse contexto, cinemática escapular anormal e alterações de função muscular contribuem para processos dolorosos e patológicos do membro superior¹. As atividades básicas de vida diária e a maioria das atividades ocupacionais necessitam da mobilidade funcional tridimensional fornecida pelo complexo do ombro. O entendimento dos movimentos funcionais relacionados a este complexo articular é essencial na elaboração de diagnósticos funcionais e tomada de decisões clínicas. A cinemática escapular normal e perfil de ativação EMG em indivíduos assintomáticos podem fornecer informações relevantes para avaliação dos processos patológicos do complexo do ombro. Os estudos de ativação EMG das musculaturas envolvidas com o complexo do ombro em indivíduos saudáveis provêm informações para que a avaliação clínica seja direcionada para as funções musculares específicas que estejam envolvidas em termos de ativação muscular durante o movimento funcional. A cinemática do ombro depende, em grande parte, da maneira pela qual os músculos ao seu redor atuam, sendo que a fraqueza em qualquer um desses músculos pode levar a alterações significativas no ritmo escapuloumeral e comprometer a elevação do membro superior em amplitudes fisiológicas. Dessa forma, o conhecimento dos parâmetros de ativação das musculaturas escapulotorácicas em indivíduos saudáveis pode guiar a formulação de hipóteses a serem avaliadas durante o exame clínico e permitir melhor direcionamento de condutas a serem tomadas durante a reabilitação visando

ao equilíbrio entre capacidade do sistema músculo-esquelético e demanda imposta a esse sistema.

2 OBJETIVOS:

Os objetivos do presente estudo foram analisar os mecanismos fisiológicos de estabilização muscular da cintura escapular durante as fases concêntrica e excêntrica da movimentação do braço em indivíduos saudáveis e a influência desses mecanismos na cinemática fisiológica do complexo do ombro. Para isto, foi realizada uma revisão da literatura de estudos que discutiram tais mecanismos de estabilização.

3 MÉTODOS:

Para alcançar o objetivo deste estudo realizou-se uma revisão na literatura de estudos descritivos e/ou observacionais exploratórios²⁸ que avaliaram os mecanismos fisiológicos de estabilização muscular da cintura escapular durante a movimentação ativa do braço em indivíduos saudáveis e a influência desses mecanismos na cinemática normal da articulação.

Os bancos de dados utilizados nessa revisão foram: Medline (Pubmed), Scielo e Lilacs. A busca dos artigos foi realizada durante todo o período de elaboração da revisão. As palavras chaves utilizadas para a realização desta revisão foram: *Biomechanics, Scapular, Shoulder, Arm Elevation, Muscles e Electromyography*. Esses descritores refletem a ação muscular da cintura escapular durante as fases concêntricas e excêntricas da movimentação do braço. A mesma estratégia de busca foi utilizada em todos os bancos de dados pesquisados. Os termos foram pesquisados nos idiomas inglês, espanhol e português, e não houve restrições referentes à data de publicação dos artigos, idade e sexo dos participantes dos estudos.

Os critérios de inclusão para os estudos foram: (i) desenho do estudo: estudos descritivos e/ou observacionais exploratórios, (ii) população: indivíduos saudáveis sem história progressiva de disfunção no complexo do ombro (iii): desfecho: avaliação eletromiográfica de pelo menos uma musculatura com função na cintura escapular associado à avaliação da cinemática escapular do movimento selecionado. A eletromiografia foi escolhida por avaliar a ativação das musculaturas da cintura escapular durante o movimento em questão. Assim, é possível determinar o nível de ativação das musculaturas envolvidas no movimento e estabelecer possíveis relações com a função cinemática escapular fisiológica. Foram excluídos os estudos que realizaram avaliação da função muscular em exercícios terapêuticos.

Os resumos dos estudos pré-selecionados pela busca foram lidos e analisados pelo investigador. Aqueles estudos cujos resumos indicavam estar de acordo com os critérios de inclusão foram lidos em sua versão completa. A partir da leitura das versões completas, estudos foram descartados por ainda não atenderem a algum critério de inclusão ou apresentarem algum critério de exclusão. A análise das referências bibliográficas dos artigos selecionados para

leitura da versão completa foi realizada com o intuito de selecionar algum artigo que atendesse aos critérios de inclusão e não foram visualizados na busca inicial. Após a seleção, leitura e análise dos artigos, foi realizada a exposição dos resultados encontrados com as principais características dos estudos, para posterior discussão das evidências fornecidas.

4 RESULTADOS:

A partir da busca realizada nos bancos de dados propostos, foram encontrados 44 artigos. A partir da leitura conjunta dos resumos dos artigos pré-selecionados, foram selecionados 18 artigos para leitura na versão integral, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão. A partir da leitura desses artigos, foram selecionados mais 12 artigos por meio das referências bibliográficas encontradas nos artigos lidos previamente.

Após a leitura integral dos 30 artigos pré-selecionados, 13 artigos não foram selecionados por não atenderem aos seguintes critérios de inclusão: 11 artigos não apresentavam avaliação EMG de pelo menos uma musculatura com função na cintura escapular e em dois artigos os indivíduos apresentavam história progressiva de alguma disfunção no complexo do ombro. Outros cinco artigos foram excluídos por realizarem avaliação da função muscular em exercícios terapêuticos.

Sendo assim, um total de 12 artigos foi selecionado para inclusão nos resultados do presente estudo. Todos os artigos selecionados estavam na língua inglesa.

Sete artigos selecionados^{4,8,11,14,21,26,27} avaliaram o efeito da fadiga muscular no movimento de elevação do braço. Dois desses estudos^{11,27} avaliaram a influência da fadiga do músculo serrátil anterior. Szucs *et. al.* (2009) observaram no pós-fadiga que todas as musculaturas apresentaram decréscimo na frequência média de ativação e que o trapézio superior foi o único músculo que apresentou aumento na atividade EMG na elevação do braço após a tarefa. Borstad *et. al.* (2009) observaram que após a tarefa de fadiga, o nível de ativação EMG do serrátil anterior decresceu em 27%, mas que os músculos infraespinhoso, trapézios inferior e superior também apresentaram decréscimo estatisticamente significantes, mesmo a tarefa sendo destinada exclusivamente à fadiga de serrátil anterior. Um estudo avaliou o efeito da fadiga dos músculos rotadores externos glenoumerais na cinemática escapular. Ebaugh *et. al.* (2006) observaram que os músculos infraespinhoso, trapézio superior, deltóide anterior e posterior apresentaram diminuição da frequência média de força pela EMG no pós-fadiga e que os músculos serrátil anterior e trapézio inferior apresentaram aumento da frequência média de força. Outros três estudos^{4,8,21} avaliaram tarefas de fadiga em elevação máxima

resistida. Minning *et. al.* (2006) observaram que o deltóide médio e o trapézio superior apresentaram maior porcentagem de redução na atividade EMG em comparação ao serrátil anterior e trapézio inferior no pós-fadiga da tarefa de elevação isométrica resistida a 60% da força de contração máxima isométrica. Ebaugh *et. al.* (2006) ao avaliar os efeitos da fadiga após elevação sustentada do braço em diferentes planos e ângulos de elevação, observaram que todas as musculaturas avaliadas apresentaram diminuição na atividade EMG, exceto o trapézio inferior. McQuade *et. al.* (1998) ao avaliarem o pós tarefa de fadiga de elevação dinâmica contra resistência até amplitude máxima, concluíram que a diminuição na amplitude do ritmo escapuloumeral foi significativamente associada com a queda da frequência média de força de todos os músculos testados. Um último estudo avaliou o efeito da fadiga muscular na súbita adução do ombro realizada passivamente a 90° de elevação. Cools *et. al.* (2002) observaram que todos os músculos avaliados apresentaram aumento de latência no pós-fadiga, exceto o trapézio inferior. Dos sete estudos que avaliaram fadiga muscular, dois avaliaram o efeito da fadiga do serrátil anterior observando que as outras musculaturas avaliadas também apresentaram redução da atividade EMG no pós-fadiga. Três estudos avaliaram os efeitos da fadiga após elevação máxima resistida e observaram que todas as musculaturas apresentaram queda na atividade EMG, mas que serrátil anterior e principalmente trapézio inferior essa redução foi menos significativa no pós-fadiga. Nos outros estudos foi encontrado que após tarefa de fadiga dos rotadores externos glenoumerais, as musculaturas escapuloumerais apresentaram menor redução na frequência média de força EMG e que na súbita adução do ombro passiva a 90° somente o trapézio inferior não aumentou tempo de latência no pós-fadiga.

Yoshizaki *et. al.* (2009) avaliaram a atividade EMG das musculaturas dos membros dominantes e não-dominantes e observaram que o músculo trapézio inferior apresentou menor atividade EMG no membro dominante e que nos músculos serrátil anterior e deltóide médio essa diferença foi observada somente na fase inicial de elevação do braço. Faria *et. al.* (2009) ao avaliar a coativação de três grupos de sinergistas musculares durante a elevação do braço observaram que os níveis de coativação apresentaram níveis mais baixos de atividade EMG quando comparados com a atividade isolada de cada

músculo. Ao comparar os níveis de ativação muscular das musculaturas avaliadas durante a elevação e descida do braço por meio das porcentagens das contrações voluntárias máximas isométrica, Faria *et. al.* (2008) observaram que todas as musculaturas apresentaram tendência a aumento na atividade EMG do início para o fim da elevação e decréscimo da ativação do final da elevação para a posição de repouso na descida, sendo que o trapézio médio apresentou maior similaridade na ativação EMG durante todo o movimento e o serrátil anterior as maiores porcentagens de aumento na atividade EMG na subida e maior decréscimo na descida.

Nos dois estudos restantes, Ludewig *et. al.* (1996) descreveram e compararam a atividade muscular dos músculos rotadores escapulares na elevação do braço, observando aumento gradativo da atividade EMG de todos os músculos até 90° de elevação; e Ebaugh *et. al.* (2004) ao avaliar as diferenças na atividade EMG das musculaturas estudadas entre as elevações do braço ativa e passiva em diferentes fases observaram que a média dos valores passivos na EMG foram 10% menores para a ação muscular de todas as musculaturas, exceto para o serrátil anterior a 150° de elevação, em que o nível foi 11,9% menor. Para melhor adequação e exposição, os resultados foram articulados na tabela 1.

Tabela 1: Estudos Descritivos e/ou Observacionais Exploratórios

Autor (es)	N	Caracterização do Movimento	Caracterização da Tarefa	Musculaturas avaliadas	Resultados
Faria et. al. (2009)	10	Elevação e descida do braço no plano escapular	Coativação de 3 grupos de sinergistas musculares (trapézios superior, médio e inferior; trapézio superior e serrátil anterior; trapézio médio e serrátil anterior)	Trapézios superior, médio e inferior e serrátil anterior	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento progressivo da atividade EMG dos padrões de coativação durante a elevação e diminuição progressiva durante a descida. - Níveis de coativação apresentarem níveis mais baixos de ativação EMG quando comparados com a atividade isolada de cada músculo.
Yoshizaki et. al. (2009)	18	Elevação e descida do braço no plano escapular	Avaliação da atividade EMG das musculaturas dos membros dominante e não-dominante	Deltóide médio, trapézios superior e inferior e serrátil anterior	<ul style="list-style-type: none"> - Atividade EMG de todas as musculaturas aumentou durante a elevação, com pico entre 120° a 130° - Deltóide médio apresentou maior pico de ativação e trapézio inferior o menor pico durante a elevação. - Trapézio inferior apresentou menor atividade EMG no membro dominante e para o serrátil anterior e deltóide médio essa diferença foi observada somente na fase inicial de elevação. - Não foi observada diferença na atividade EMG entre os membros para o músculo trapézio superior.
Minning et. al. (2006)	16	Elevação do braço (contração isométrica) em 90° de abdução no plano escapular	Avaliação dos efeitos da fadiga muscular após tarefa de elevação isométrica resistida a 60% da força de contração máxima isométrica	Deltóide médio, trapézios superior e inferior e serrátil anterior.	<ul style="list-style-type: none"> - Todos os músculos apresentaram uma redução na atividade EMG no pós-fadiga. - Deltóide médio e trapézio superior apresentaram redução maior na atividade EMG em comparação com serrátil anterior e trapézio inferior. - Índice de fadiga do deltóide médio foi maior que as outras musculaturas testadas.

Szucs et. al. (2009)	26	Elevação e descida do braço no plano escapular	Avaliação dos efeitos de uma tarefa destinada à fadiga de serrátil anterior (exercício de push-up) na ativação muscular e controle das sinergias na cintura escapular	Serrátil anterior, trapézios superior e inferior	<ul style="list-style-type: none"> - Decréscimo na frequência média de ativação EMG de todos os músculos após a tarefa destinada à fadiga de serrátil anterior, sendo menos significativo para o trapézio superior. - Trapézio superior foi o único músculo que apresentou aumento na atividade EMG após a tarefa
Ludewig et. al. (1996)	25	Elevação do braço no plano escapular.	Descrição e comparação da atividade muscular dos músculos rotadores escapulares	Trapézios superior e inferior, serrátil anterior e levantador da escápula	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento gradativo da atividade EMG de todos os músculos até 90° de elevação - Para o trapézio superior, 64% dos indivíduos apresentaram padrão de aumento progressivo, 24% atingiram o platô de ativação em 90° e 12% apresentaram decréscimo em 140° quando comparados a 90° - Para o trapézio inferior, 48% seguiram o padrão de aumento progressivo, 20% platô de ativação em 90° e 32% demonstraram diminuição na ativação em 140°. - Para o serrátil anterior, 92% apresentaram aumento progressivo e 8% diminuição entre 90° e 140° - Para o levantador da escápula, 72% seguiram o padrão de aumento e 28° atingiram o platô em 90°
Faria et. al. (2008)	10	Elevação e descida do braço no plano escapular	Comparar os níveis de ativação muscular das musculaturas avaliadas durante a elevação e descida do braço por meio das porcentagens das contrações voluntárias máximas isométricas.	Trapézios superior, médio e inferior e serrátil anterior	<ul style="list-style-type: none"> - Todas as musculaturas apresentaram tendência a aumento da atividade EMG do início para o fim da elevação e decréscimo da ativação do final da elevação para a posição de repouso na descida - Trapézio superior: aumento na atividade EMG de 19 para 45% na elevação e diminuição de 26% para 4,5% na descida do braço. - Trapézio médio: maior similaridade durante todo movimento, com aumento da atividade EMG de 14% para 20% e decréscimo de 14,% para 8% na descida do braço. - Trapézio Inferior: aumento na atividade EMG de 18% para 39% na elevação e decréscimo de 25% para 12% na descida do braço - Serrátil anterior: maior aumento na atividade EMG na elevação, de 18% para 61% e maior decréscimo, reduzindo de 41% para 8%

Cools et. al. (2002)	30	Súbita adução do ombro realizada passivamente a 90° de elevação	Avaliação do tempo de latência das musculaturas medidos pela atividade EMG antes e após uma tarefa de fadiga muscular	Trapézios superior, médio e inferior e deltóide médio	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo de latência do deltóide médio foi menor que as porções do músculo trapézio. - Não houve diferença entre as três porções do músculo trapézio. - Todos os músculos apresentaram aumento no tempo de latência no pós fadiga, exceto o trapézio inferior.
Ebaugh et. al. (2006)	20	Elevação do braço no plano escapular	Efeitos da fadiga muscular após tarefas de elevação sustentada, elevação no plano escapular e flexão de ombro, na cinemática escapulotorácica e glenoumeral nos ângulos de 60°, 90°, 120° e máxima elevação.	Serrátil anterior, trapézios superior e inferior, deltóides anterior e posterior e infraespinhoso	<ul style="list-style-type: none"> - Todas as musculaturas apresentaram diminuição da atividade EMG, exceto o trapézio inferior. - Aumento da rotação superior e rotação externa escapular, retração clavicular entre o pré e pós protocolo de fadiga - Inclinação posterior escapular diminuiu na posição de elevação mínima. - Rotação externa do úmero diminuiu após o protocolo de fadiga
Ebaugh et. al. (2004)	20	Elevação ativa e passiva do braço no plano escapular	Diferenças na atividade EMG das musculaturas estudadas entre as elevações do braço ativa e passiva em diferentes fases (0, 30, 60, 90, 120 e 150°)	Serrátil anterior, trapézios superior e inferior, deltóides anterior e posterior e infraespinhoso	<ul style="list-style-type: none"> - A média dos valores passivos na EMG foram 10% menores para a ação muscular de todas as musculaturas, exceto para o serrátil anterior a 150° de elevação, em que o nível foi 11,9% menor. - Aumento da rotação superior escapular progressiva, com inclinação posterior até 90° e após movimentando-se em inclinação anterior. Pequena quantidade de rotação externa escapular de 0 a 90° até atingir platô.

Ebaugh et. al. (2006)	20	Elevação do braço no plano escapular	Diferença na atividade EMG pela frequência média de força das musculaturas estudadas após protocolo de fadiga de rotadores externos glenoumerais.	Serrátil anterior, trapézios superior e inferior, deltóides anterior e posterior e infraespinhoso	<ul style="list-style-type: none"> - Os músculos que apresentaram diminuição da frequência média de força no pós fadiga foram: trapézio superior, deltóide anterior e posterior e infraespinhoso - Os músculos que apresentaram aumento na frequência média de força no pós fadiga foram: serrátil anterior e trapézio inferior. - Todos os indivíduos apresentaram diminuição na rotação externa do úmero no pós fadiga - Foi observada diminuição na inclinação posterior da escapula no início da elevação, e maior rotação superior da escapula e retração clavicular no meio da amplitude de elevação.
Borstad et. al. (2009)	28	Elevação do braço no plano escapular	Avaliação dos efeitos na atividade EMG pela frequência média de força e cinemática escapular após um exercício isométrico para fadiga de serrátil anterior	Serrátil anterior, trapézios superior e inferior e infraespinhoso.	<ul style="list-style-type: none"> - Serrátil anterior apresentou queda de 27%, infraespinhoso de 27%, trapézio inferior de 29,0% e trapézio superior de 15%. - Decréscimo na frequência média de força de infraespinhoso foi maior em homens e do trapézio inferior em mulheres. - Menor declínio na frequência média de força foi considerável para trapézio superior e infraespinhoso em mulheres - Diferença estatisticamente significativa entre homens e mulheres no declínio da frequência média de força para o trapézio superior e o infraespinhoso.
McQuade et. al. (1998)	25	Elevação do braço no plano escapular	Avaliação dos efeitos da fadiga pela alteração na frequência média de força após tarefa de elevação dinâmica contra resistência máxima até amplitude máxima a conseguir ser realizada pelo membro superior	Trapézios superior e inferior, serrátil anterior e deltóide médio	<ul style="list-style-type: none"> - Todos os músculos apresentaram redução estatisticamente significativa na frequência média de força na ordem de 20%, um pouco menor para o trapézio inferior. - A diminuição na amplitude do ritmo escapuloumeral foi significativamente associada com a queda da frequência média de força de todos os músculos testados.

5 DISCUSSÃO:

A estabilidade e o movimento adequado da articulação escapulotorácica são cruciais para a função fisiológica do complexo do ombro. A escápula deve ser uma base estável para a função da articulação glenoumeral, mas também deve fornecer um arco substancial de movimento durante a elevação do braço. Este movimento é necessário para manter uma relação de comprimento-tensão adequada das musculaturas e alinhamento da articulação glenoumeral durante a elevação do braço^{2,13,29}. Além disso, devido às conexões ligamentares e capsulares entre a escápula e a clavícula, e a clavícula e o esterno, o movimento escapulotorácico exige deslocamentos da clavícula no tórax pela articulação esternoclavicular e ação conjunta entre a escápula e a clavícula na articulação acromioclavicular¹. Portanto, o movimento escapulotorácico é um somatório dos movimentos esternoclaviculares e acromioclaviculares, além dos movimentos glenoumerais e da própria articulação escapulotorácica¹. A ação coordenada e simultânea das musculaturas da cintura escapular permite a transferência adequada das forças impostas sobre o membro superior durante as atividades de vida diária e funções básicas de movimentação²⁹.

Alguns estudos selecionados^{1,3,6} avaliaram a atividade muscular das diferentes musculaturas responsáveis pela movimentação e estabilização da cintura escapular. Ludewig *et. al.* (1996) descreveram e compararam a atividade dos músculos rotadores escapulares durante a elevação do braço no plano escapular. Os autores observaram aumento progressivo da atividade EMG de todos os músculos avaliados até 90° de elevação. Serrátil anterior, trapézio superior e trapézio inferior apresentaram, respectivamente, os maiores índices de atividade EMG durante a elevação do braço. Na avaliação cinemática do movimento que foi realizada concomitantemente à avaliação EMG observaram que a escápula apresenta padrão progressivo de aumento na rotação superior, decréscimo na rotação interna e movimento de inclinação anterior para posterior de acordo com o aumento do ângulo umeral na elevação do braço. Ebaugh *et. al.* (2004), ao observarem as diferenças do padrão de atividade muscular entre a elevação ativa e passiva do membro superior, identificaram uma diminuição da rotação superior escapular durante a elevação passiva do braço associada à menor atividade EMG dos músculos serrátil anterior e porções superiores e inferiores do trapézio, sugerindo importância dessas três musculaturas no movimento de rotação superior

ativa da escápula. Embora não se possa afirmar sobre contração ativa dessas musculaturas para geração do movimento, essas evidências apresentadas indicam uma importante ativação dos grupos musculares citados, seja para produção do movimento fisiológico ou para permitir um ajuste estrutural para estabilização e transmissão de energia entre os segmentos.

O papel dessas musculaturas no movimento de rotação superior da escápula é constantemente abordado na literatura, mas há pouca discussão referente à função, principalmente do serrátil anterior e trapézio inferior nos padrões de inclinação e rotação externa escapular normais durante a elevação do braço, demonstrando que qualquer inferência sobre ativação muscular estar diretamente associada à função de determinada musculatura é precipitada. Como essas musculaturas inserem-se na borda medial e ângulo inferior da escápula respectivamente, a ação progressiva desses músculos proporcionará adequada ocorrência dos movimentos de inclinação posterior e rotação externa escapular, além da rotação superior primariamente^{1,17}. A alteração no padrão normal de movimento de inclinação anterior para posterior leva a um aumento da proximidade da superfície anterior do acrômio com os tendões dos músculos do manguito rotador, que em indivíduos saudáveis transcorrem no espaço subacromial sem atrito durante a elevação do braço¹. Já o movimento de rotação externa da escápula diminui a exigência de rotação externa glenoumeral quando o braço está totalmente elevado. Se esse movimento está restrito, uma maior demanda é colocada na articulação glenoumeral e musculaturas do manguito rotador, o que poderia levar a um aumento na frouxidão capsular e instabilidade anterior devido à sobrecarga mecânica sobre os rotadores externos glenoumerais⁹.

O músculo peitoral menor é descrito como responsável pelos movimentos de rotação interna, inclinação anterior e rotação inferior da escapula^{6,13}. O excesso de tensão ativa ou passiva desse músculo pode contribuir para alterar a cinemática escapular fisiológica durante a elevação do braço. Em um estudo²³ que comparou um grupo de indivíduos com encurtamento de peitoral menor com indivíduos sem encurtamento, foram observadas reduções significativas na inclinação posterior e aumento na rotação interna da escápula durante a elevação do braço nos indivíduos com encurtamento. Esses achados sugerem que alterações no comprimento muscular, potencializam alterações na cinemática normal escapular que predisõem a posturas de impacto articular²³.

A avaliação da atividade EMG isolada das musculaturas da cintura escapular fornecem importantes evidências quanto à atuação das musculaturas durante o ritmo escapuloumeral, entretanto, a avaliação sinérgica destas musculaturas permite avaliação mais precisa de como estas musculaturas agem de forma combinada nos mecanismos de estabilização dinâmica da cintura escapular. As funções de movimentação no ombro exigem um equilíbrio entre estabilidade e mobilidade, e os mecanismos de ação sinérgica entre as musculaturas serão responsáveis por neutralizar uma série de forças resultantes durante o movimento, e esta coordenação muscular é vital para a manutenção da estabilidade do complexo². Faria *et. al.* (2009) avaliaram a co-ativação de três grupos de sinergistas musculares durante a elevação do ombro e observaram que ações simultâneas e coordenadas entre os músculos trapézio superior e serrátil anterior são apontadas como fundamentais para a rotação superior da escápula e a ação do trapézio médio e serrátil anterior são responsáveis pela manutenção da estabilidade escapular junto ao gradil costal. Outro achado relevante do estudo foi relacionado aos níveis de coativação muscular, que apresentaram níveis mais baixos de ativação EMG quando comparados com a atividade isolada de cada músculo. Esse achado demonstra que quando as musculaturas atuam sinergicamente, é necessária uma menor ativação muscular, e conseqüentemente uma menor sobrecarga em termos de ativação sobre determinada musculatura para adequada cinemática escapular e diminuição do risco de disfunções.

A maioria dos estudos encontrados na literatura restringiram a avaliação da movimentação no complexo do ombro somente durante a fase de elevação do braço. Faria *et. al.* (2008) investigaram a atividade muscular escapular durante o movimento de descida do braço após elevação, pois este movimento é tão importante quanto à elevação, visto que indivíduos com alguma queixa do ombro freqüentemente queixam-se de dor mais intensa na fase excêntrica da movimentação ativa do membro superior. Os autores observaram que o músculo trapézio superior apresentou atividade EMG duplicada durante a elevação em comparação a descida do braço, demonstrando sua importância biomecânica na rotação superior da escápula, o movimento de maior amplitude dentro da cinemática escapular. Já o serrátil anterior apresentou aumento progressivo da atividade EMG durante a elevação e diminuição progressiva na descida do braço, o que pode ser explicado pelo fato de desse músculo apresentar comprimento da alavanca de força

para rotação da escápula sempre em vantagem mecânica, mesmo com as mudanças no centro de rotação da escápula que ocorrem na elevação e descida do braço. O músculo trapézio médio foi o único músculo que manteve uma longa fase de platô de ativação e valores mais baixos de atividade EMG tanto na elevação quanto na descida. Como o trapézio médio não apresenta braço de alavanca de força rotatória satisfatório, não há razão para alterar a sua atividade EMG, porque toda a energia despendida com ativação muscular pode não ser utilizada e reforça a hipótese que sua função mais importante durante a elevação e descida do braço é a estabilização da escápula junto ao gradil costal.

Grande parte dos estudos selecionados^{4,8,11,14,21,26,27} discute sobre os efeitos da fadiga muscular referente a alguma musculatura do complexo do ombro na cinemática fisiológica do sistema. No ombro, os efeitos da fadiga afetam diretamente a maneira pela qual a escápula se move. A cinemática do ombro depende em grande parte da maneira pela qual os músculos ao seu redor atuam e a fraqueza de qualquer um desses músculos pode levar a alterações significativas no ritmo escapuloumeral⁴. Alguns estudos^{4,8,21} avaliaram a atividade muscular após tarefas de elevação do braço resistida, e o achado comum aos estudos é que todas as musculaturas apresentam redução na atividade EMG no pós-fadiga, porém, as diferentes musculaturas avaliadas comportam-se de forma distinta. O deltóide médio, abductor primário da articulação glenoumeral, apresenta decréscimo na atividade EMG e maior tempo de latência no pós-fadiga, o que pode ser explicado pelo fato de se tratar de um músculo com fibras musculares predominantemente do tipo II, ou fásicas, com baixo limiar de fadiga^{4,8}. Nas tarefas que envolvem fadiga de serrátil anterior é observado que, mesmo em exercícios como o *push-up*, que predominantemente ativariam essa musculatura, as demais musculaturas avaliadas também apresentam diminuição na atividade EMG^{11,27}, ressaltando a importância dos demais músculos da cintura escapular na estabilização dinâmica do complexo articular. Borstad *et. al.* (2009) observaram que após a fadiga de serrátil, os indivíduos apresentaram aumento na rotação interna, sem grandes alterações significativas na diminuição da rotação superior escapular, o que os autores atribuem ao fato de o trapézio inferior também ter fadigado com a tarefa, sendo que juntamente com o serrátil anterior, é o responsável pela rotação externa escapular. O fato de não ter havido alterações na rotação superior escapular é relacionado com a atuação do trapézio superior, que não apresentou índices significativos de fadiga.

Esse achado corrobora com os achados de Szucs *et. al.* (2009), que ao avaliar os efeitos da fadiga de serrátil anterior na cinemática escapular, observou que o trapézio superior foi o único músculo que apresentou aumento significativo dos níveis de ativação, contribuindo para manutenção dos níveis de rotação superior da escápula e indiretamente para a elevação da parte distal da clavícula, componente este que permite que a escápula rode superiormente.

Outro músculo, constantemente avaliado em vários estudos^{8,14,21,26} e com função estabilizadora escapular importante é o trapézio inferior. Nos estudos que envolvem efeito da fadiga na cinemática escapular, o trapézio inferior constantemente apresenta menores índices de redução na atividade EMG ou aumento no tempo de latência no pós fadiga^{4,8,21,26}. A composição muscular mais adequada para funções posturais, com predominância de fibras do tipo I (fibras tônicas) sugerem que essa musculatura seja responsável pelo equilíbrio horizontal e vertical da escápula ao invés da geração de torque muscular²⁶. Função e características semelhantes também podem ser observadas no trapézio médio¹³. Além disso, o trapézio inferior também participa de forma acessória, principalmente nas amplitudes finais de movimento, da rotação superior da escápula^{1,12,13}.

Outros estudos^{6,8,11,14} demonstraram a influência dos músculos do manguito rotador na cinemática normal escapular. O manguito rotador desempenha função não só na produção de rotação interna e externa glenoumeral, mas de forma mais crítica, estabiliza a cabeça do úmero na fossa glenóide e evita o excesso de translação superior da cabeça do úmero como resultado da ativação do deltóide¹³. Ebaugh *et. al.* (2006) avaliaram os efeitos da fadiga dos rotadores externos glenoumerais na cinemática escapular fisiológica. Quando os músculos do manguito rotador apresentam-se fracos ou fadigados, há uma diminuição da capacidade destes músculos em impedir que o deltóide médio tracione a cabeça do úmero superiormente para uma posição de impacto no espaço subacromial. Por isso, o aumento da rotação superior da escápula pode ocorrer de maneira compensatória com o intuito de girar o acrômio superiormente e posteriormente, diminuindo a possibilidade de impacto subacromial¹⁴. Neste estudo os autores observaram que os músculos serrátil anterior e trapézio inferior apresentaram aumento da frequência média de força no pós-fadiga, associado à maior rotação superior da escápula e retração clavicular durante a elevação.

Os resultados encontrados apresentam limitações principalmente no que se refere à multipluralidade dos métodos e análises utilizados nos diferentes estudos selecionados. Ausência na mensuração entre o nível de atividade EMG de todos os músculos que interferem na cinemática escapular, diferentes planos de análise de movimento, variações nas definições dos eixos de orientação e ângulos de medida de posicionamento dos membros superiores, características físicas dos pacientes selecionados em cada estudo e imprecisão no isolamento de determinada musculatura nas tarefas que envolviam fadiga muscular são alguns dos fatores que justificam a ausência de coesão em alguns resultados. Entretanto, a dinâmica do movimento e maneira como as musculaturas ativaram EMG em todos os estudos selecionados não apresentaram discrepância que pudesse afetar a cinemática escapular fisiológica descrita nos achados.

A partir dos resultados encontrados observamos que os momentos criados pelas ações musculares na escápula são dependentes da linha de ação e o eixo de rotação da escápula, que ainda não são totalmente compreendidos. Além disso, os papéis funcionais dos músculos mudam substancialmente em toda a amplitude de elevação do úmero devido às constantes mudanças nos eixos de rotação e linha de ações das musculaturas de todo o complexo do ombro. A avaliação objetiva dos movimentos de rotação superior/inferior, rotação interna/externa e inclinação escapular fornecem informações adequadas para a compreensão das patologias do ombro que são relacionadas aos mecanismos de cinemática anormal e atividade muscular inadequada¹. A interpretação de diversas variáveis que possam interferir nos mecanismos de estabilização da cintura escapular é de grande valia para compreensão adequada sobre os parâmetros de movimento. O padrão de ativação muscular de cada musculatura estabilizadora escapular^{1,6,7}, sinergismos musculares², os efeitos de cargas externas na movimentação²⁵, a relação entre os membros dominante e não dominante³, os efeitos da fadiga das musculaturas de todo complexo do ombro^{4,8,11,14,24,26,27}, as diferenças entre elevação ativa e passiva⁶ e entre as fases de elevação e descida do braço⁷ são variáveis que fornecem informações importantes sobre o comportamento e estabilidade escapular, que vão guiar de forma mais otimizada o processo de entendimento da cinemática normal escapulotorácica.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma revisão da literatura dos mecanismos fisiológicos de estabilização muscular da cintura escapular durante a movimentação ativa do braço em indivíduos saudáveis e a influência desses mecanismos na cinemática normal da articulação. Os resultados mostraram que fatores como fadiga muscular, sinergismo muscular, dominância entre membros, carga externa, diferenças entre elevação passiva e ativa e entre fases de elevação e descida do braço são variáveis que fornecem informações relevantes sobre a atividade eletromiográfica das musculaturas escapulares e suas influências na cinemática e estabilidade escapular. A atividade EMG das musculaturas envolvidas com a movimentação ativa da cintura escapular associada à avaliação cinemática do movimento do complexo do ombro fornece informações importantes quanto à estabilidade dinâmica fisiológica do sistema. A compreensão do movimento fisiológico desse complexo articular potencializará as intervenções destinadas à melhora da mobilidade e função, pois o processo de avaliação em indivíduos com possíveis disfunções será mais completo a partir da análise biomecânica adequada da cinemática normal do complexo do ombro.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1) LUDEWIG, P.M.; COOK, T.M.; NAWOCZENSKI, D.A. Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.24 n.2, p.57-65, 1996.
- 2) FARIA, C.D. ; TEIXEIRA-SALMELA, L.F.; GOMES, P.F. Applicability of the coactivation method in assessing synergies of the scapular stabilizing muscles. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, v. 18, n.5, p. 764-772, 2009.
- 3) YOSHIZAKI, K.; HAMADA, J.; TAMAJ K.; SAHARA R.; FUJIWARA T.; FUJIMOTO T. 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**, v. 18, n.5, p.756-63, 2009.
- 4) MINNING, S.; ELIOT C.A.; UHJ, T.L.; MALONE, T.R. EMG analysis of shoulder muscle fatigue during resisted isometric shoulder elevation. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.17, n.2, p.153-159, 2007.
- 5) INMAN, V.T.; SAUNDERS, J.B.M.; ABBOTT, L.C. Observation on the function of the shoulder joint. **Journal of Bone Surgery**, v.26, p.1-31, 1944.
- 6) EBAUGH, D.D.; MCCLURE, P.W.; KARDUNA, A.R. Three-dimensional scapulothoracic motion during active and passive arm elevation. **Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)**, v.20, n.7, 700-709, 2004.
- 7) FARIA, C.D.C.M.; TEIXEIRA-SALMELA, L.F.; RODRIGUES DE PAULA GOULART, F.; GOMES, P.F. Comparisons of electromyographic activity of scapular muscles between elevation and lowering of the arms. **Physiotherapy Theory and Practice**, v.24, p.360-71, 2008.
- 8) EBAUGH, D.D.; MCCLURE, P.W.; KARDUNA, A.R. Effects of shoulder muscle fatigue caused by repetitive overhead activities on scapulothoracic and

- glenohumeral kinematics. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.16, n.3, p.224–235, 2006.
- 9) MCCLURE, P.W.; MICHENER, L.A.; SENNETT, B.J.; KARDUNA, A.R. Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, v.10, n.3, p.269-77, 2001.
 - 10) LUDEWIG, P.M.; PHADKE, V.; BRAMAN, J.P.; HASSETT, D.R.; CIEMINSKI, C.J.; LAPRADE, R.F. Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. **Journal of Bone Joint and Surgery American**, v.91, n.2, p-378-89, 2009.
 - 11) BORSTAD, J.D.; SZUCS, K.; NAVALGUND, A. Scapula kinematic alterations following a modified push-up plus task. **Human Movement Science**, v. 28, n.6, p.738-751, 2009.
 - 12) BORSTAD, J.D.; LUDEWIG, P.M. Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane. **Clinical Biomechanics**, v.17, n.9-10, p.650-669, 2002.
 - 13) PHADKE, V.; CAMARGO, P.; LUDEWIG, P. Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.1, n.13, p.1-9, 2009.
 - 14) EBAUGH, D.D.; MCCLURE, P.W.; KARDUNA, A.R. Scapulothoracic and glenohumeral kinematics following an external rotation fatigue protocol. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.36, p.557-571, 2006.
 - 15) BAGG, S.D.; FORREST, W.J. Electromyographic study of the scapular rotators during arm abduction in the scapular plane. **American Journal of Physical Medicine**, v.65, n.3, p.111-121, 1986.
 - 16) MC CABE, R.A.; ORISHIMO, K.F.; MC HUGH, M.P.; NICHOLAS, S.J. Surface electromyographic analysis of the lower trapezius muscle during exercises

performed below ninety degrees of shoulder elevation in healthy subjects. **North American Journal of Sports Physical Therapy**, v.2, n.1, p.34-43, 2007.

- 17) EKSTROM, R.A.; BIFULCO, K.M.; LOPAU, C.J.; ANDERSEN, C.F.; GOUGH, J.R. Comparing the function of the upper and lower parts of the serratus anterior muscle using surface electromyography. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.34, n.5, p.235-243, 2004.
- 18) SCHACHTER, A.K.; MC HUGH, M.P.; TYLER, T.F.; KREMINIC, I.J.; ORISHIMO, K.F.; JOHNSON, C.; BEN-AVI, S.; NICHOLAS, S.J. Electromyographic activity of selected scapular stabilizers during glenohumeral internal and external rotation contractions. **Journal of Shoulder and Elbow Surgery**, v.19, n.6, p.884-90, 2010;
- 19) KLIBLER, W.B.; SCIASCIA, A.D.; UHJ, T.L.; TAMBAY, N.; CUNNINGHAM, T. Electromyographic analysis of specific exercises for scapular control in early phases of shoulder rehabilitation. **The America Journal of Sports Medicine**, v.36, n.9, p.1789-1798, 2008.
- 20) SAHARA, W; SUGAMOTO, K; MURAI, M; YOSHIKAWA, H. Three-dimensional clavicular and acromioclavicular rotations during arm abduction using vertically open MRI. **Journal of Orthopaedic Research**, v. 25, n.9, p.1243-1249, 2007.
- 21) MCQUADE, K.J.; SMIDT, G.L. Dynamic scapulohumeral rhythm: The effects of external resistance during elevation of the arm in the scapular plane. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.27, p.125-133, 1998.
- 22) TEECE, R.M.; LUNDEN, J.B.; LLOYD, A.S.; KAISER, A.P.; CIEMINSKI, C.J.; LUDEWIG, P.M. Three-dimensional acromioclavicular joint motions during elevation of the arm. . **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.38, n.4, p.181-190, 2008.

- 23) BORSTAD, J.D.; LUDEWIG, P.M. The effect of long versus short pectoralis minor resting length on scapular kinematics in healthy individuals. . **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.35, n.4, p.227-238, 2005.
- 24) MCQUADE, K.J.; DAWSON, J.; SMIDT G.L. Scapulothoracic muscle fatigue associated with alterations in scapulohumeral rhythm kinematics during maximum resistive shoulder elevation. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.28, n.2, p.74–80, 1998.
- 25) PASCOAL, A.G.; VAN DER HELM, F.F.; PEZARAT CORREIA, P.; CARITA, I. Effects of different arm external loads on the scapulo-humeral rhythm. **Clinical Biomechanics**, v.15 (Suppl 1), S21–S2412-09, 2000.
- 26) COOLS, A.M.; WITVROUW, E.E.; DECLERCQ, G.A. Scapular muscle recruitment pattern: electromyographic response of the trapezius muscle to sudden shoulder movement before and after a fatiguing exercise. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.32, n.5, p.221–229, 2002.
- 27) SZUCS, K.; NAVALGUND, A.; BORSTAD J.D. Scapular muscle activation and co-activation following a fatigue task. **Medical & Biological Engineering & Computing**, v.47, n.5, p.487-495, 2009.
- 28) PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P. **Foundations of clinical research: applications to practice**. 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, c2009. 892 p.
- 29) NASCIMENTO, L.C.; BITTENCOURT, N.F.N.; RESENDE, R.A.; TEIXEIRA-SALMELA, L.F.; FONSECA, S.T. Biomecânica aplicada ao voleibol: análise do complexo do ombro e implicações para avaliação e desempenho. **Terapia Manual**, v.8, n.40, p.483-490, 2010.