

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**TESE DE DOUTORADO**

**Avaliação cinemática 3D e eletromiográfica durante a elevação do  
braço em portadores de osteoartrose acromioclavicular isolada e  
associada à disfunção do manguito rotador**

**Catarina de Oliveira Sousa**

**São Carlos**  
**2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**  
**DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**Avaliação cinemática 3D e eletromiográfica durante a elevação do  
braço em portadores de osteoartrose acromioclavicular isolada e  
associada à disfunção do manguito rotador**

**Catarina de Oliveira Sousa**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Fisioterapia da Universidade Federal de São  
Carlos como parte dos requisitos para obtenção do  
Título de Doutor em Fisioterapia.

**Orientadora: Profa. Dra. Tania de Fátima Salvini**

**Co-orientadora: Profa. Dra. Paula Rezende Camargo**

**Apoio Financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) :**

Bolsa de Doutorado Regular – Processo 2011/14642-9

Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE) – Processo 2012/05722-1

**Apoio Financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**

**(CNPq):** Bolsa de Doutorado (Processo 141309/2011-3) - vigência de 01/03/2011 a 31/10/2011.

**São Carlos**  
**2013**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

S725ac

Sousa, Catarina de Oliveira.

Avaliação cinemática 3D e eletromiográfica durante a elevação do braço em portadores de osteoartrose acromioclavicular isolada e associada à disfunção do manguito rotador / Catarina de Oliveira Sousa. -- São Carlos : UFSCar, 2013.

85 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

1. Fisioterapia. 2. Biomecânica. 3. Cinemática. 4. Ombro. 5. Eletromiografia. I. Título.

CDD: 615.82 (20<sup>a</sup>)

FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da Banca Examinadora para Defesa de Tese de Doutorado de CATARINA DE OLIVEIRA SOUSA, apresentada ao programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, em 27 de novembro de 2013.

Banca Examinadora



Profa. Dra. Tânia de Fátima Salvini

(UFSCar)



Profa. Dra. Stela Márcia Mattiello

(UFSCar)



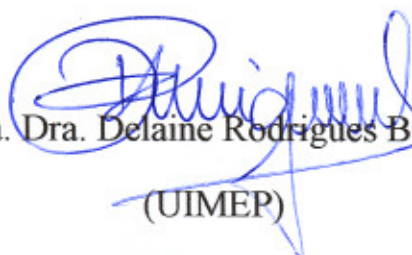
Profa. Dra. Débora Bevilaqua Grossi

(USP)



Profa. Dra. Anamaria Siriani de Oliveira

(USP-RP)



Profa. Dra. Delaine Rodrigues Bigaton

(UIMEP)

## DEDICATÓRIA

Dedico esta realização à **Minha Família**.

Aos meus pais **José Edgar e Neuma**, responsáveis pelo milagre da minha vida, por todo amor e apoio incondicional na minha caminhada pessoal e profissional.

Especialmente, dedico a concretização deste trabalho à **meu pai**, que tanto queria ver a realização deste sonho. Acredito que ele está bem perto de mim e muito feliz com essa vitória.

Aos meus irmãos **Max e Eduardo** por acreditarem na minha capacidade e sempre me incentivarem a ir mais longe.

Às minhas irmãs mais que especiais, **Luciana e a Katiana**, pelo amor e alegria com que sempre me esperam a cada chegada em casa. Isto é, realmente, muito gratificante.

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, que por Sua infinita misericórdia e amor, permitiu-me traçar um caminho de crescimento, aprendizado, convivência com pessoas queridas, superação de desafios e inseguranças, vitórias e de valorização do ser humano.

Ao(s) meu(s) **anjo(s) da guarda**, sempre presente, fiel guia e companheiro em todas as horas.

Aos meus **pais e irmãos**, pelos valores, apoio e incentivo a minha educação, e a todos das **Famílias Oliveira e Sousa**, que apesar da distância física, me incentivaram em todos os momentos para concretização deste sonho.

A minha orientadora e amiga, **Tania Salvini**, pela confiança depositada em mim, pelo incentivo e desafios propostos, pela compreensão, pelo exemplo de conduta pessoal e profissional, e claro, pela oportunidade inicial que me proporcionou condições para permanecer em São Carlos em 2006, com a bolsa de Apoio Técnico, e dar meus primeiros passos na pós-graduação na UFSCar. Essa oportunidade foi, com certeza, o início da concretização desse sonho. Não tenho palavras para expressar toda a gratidão... Tenho muito orgulho de ter sido sua aluna e quero sempre carregar um pouco de você em mim!

A minha co-orientadora e amiga, **Paula Camargo**, pelos estímulos e desafios superados para a realização deste trabalho, o que sem dúvida, me engrandeceu muito academicamente, e por sua orientação constante, pela confiança, disponibilidade, e claro, por nossa amizade!

A Profa. **Lori Michener**, por ter me recebido em seu laboratório nos EUA e me orientado no estágio no exterior, pela disponibilidade e competência e pela importante contribuição em muitas fases de desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. **Rodrigo Reiff**, por sua competência e disponibilidade em me ajudar nesse trabalho e pelo carinho e atenção em que sempre me recebeu.

A **Vandana**, pelo exemplo de competência e humildade, e por sua contribuição neste trabalho.

A **banca examinadora**, pela disponibilidade e contribuições para a melhoria deste trabalho.

A **Ana Barela** e ao **José Ângelo Barela**, por terem me incentivado e contribuído para o meu crescimento profissional na fase do mestrado. Carrego e carregarei sempre os seus ensinamentos.

A **Chris**, por sua amizade e por fazer parte da minha vida, nos momentos alegres, nas angústias, no cansaço, nas inseguranças, sempre perto mesmo com muitos quilômetros de distância...

Ao **Dório**, por ter me mostrado o caminho da pesquisa e por me instigar a ser sempre melhor na minha vida profissional e pessoal.

Aos amigos **Ivana, Helen, Thiago, Davilene, Bia, Léo, Mari, Michel, Tati, Chris e Cristina**, pelo incentivo, palavras de conforto e estímulo a cada momento de fraqueza, pela amizade, respeito, aprendizado e, claro, pelos bons momentos de divertimento.

Aos meus amigos **Antônia, Paula, Rozeli, Roseane, Gil, Ana Maria, Diogo e Ozelita**, que mesmo distantes, me mandavam energia positiva.

Ao **Ari e a Luciane**, e especialmente a **Ivana**, pela constante ajuda durante a coleta de dados.

Aos todos os amigos do Laboratório de Plasticidade Muscular (**Chris, Sabrina, Gabriel, João, Thiago, Davilene, Mari, Ivana, Melina, Clara, Luciane, Ari, Maíra, Marcela, Carol, Jean e Tereza**), que me acolheram no laboratório com muito carinho, pela conviência sempre descontraída.

A **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**, pelo auxílio financeiro, por meio da Bolsa de Doutorado (Processo 2011/14642-9) e Bolsa Estágio de Pesquisa no exterior (Processo 2012/05722-1).

Ao **CNPq** pelo auxílio financeiro, por meio da Bolsa de Doutorado (Processo 141309/2011-3).

A **Kelly, Cláudio, Mariana, Emerson e Vagner**, funcionários da Secretaria da Pós-Graduação, por sempre estarem dispostas a ajudar.

Aos **pacientes** que participaram e foram fundamentais para a realização deste estudo.

Aos que sempre torceram por mim e aos que me influenciaram positivamente ao longo da minha vida, mas que o espaço não permite que sejam citados aqui, minha gratidão a todos!

**“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,  
mas lutei para que o melhor fosse feito.  
Não sou o que deveria ser,  
mas Graças a Deus, não sou o que era antes”**

**Martin Luther King**



## RESUMO

A osteoartrose na articulação acromioclavicular (OAC) é uma causa de dor no ombro, que pode ocorrer isoladamente ou associada à disfunção do manguito rotador (DMR). Indivíduos com DMR apresentam alterações na cinemática e na atividade muscular do complexo do ombro, no entanto, não foram encontrados estudos que avaliassem a cinemática e a ativação muscular nas condições de OAC. Assim, o objetivo geral desse projeto de Doutorado foi avaliar o movimento tridimensional do complexo do ombro e a ativação muscular envolvida na elevação do braço de indivíduos com OAC isolada e com OAC associada à DMR (OAC+DMR), e comparar com um grupo de saudáveis e assintomáticos (controles). O estudo dividido em duas partes: Parte 1 – Cinemática tridimensional do ombro e Parte 2 – Atividade muscular. Participaram deste estudo 74 indivíduos (23 com OAC isolada, 25 com OAC+DMR, e 26 controles). A dor e a função foram avaliadas com o questionário *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH), a cinemática tridimensional das articulações escapulotorácica, esternoclavicular e acromioclavicular foi coletada usando sensores eletromagnéticos superficiais, e a eletromiografia superficial dos músculos trapézio superior (TS), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltóide anterior (DA) foi coletada com o sistema Bagnoli-8 (DelSys<sup>®</sup>) e sincronizadas com o *software MotionMonitor*. Os indivíduos foram avaliados durante a elevação do braço (fases ascendente e descendente) nos planos sagital e escapular, e a dor durante o movimento foi avaliada com a escala numérica de 0-10. Comparações entre grupos foram realizadas para o DASH e para a dor com o teste de *Kruskay-Wallis* e para cada músculo durante a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) foi realizada uma ANOVA *one-way*. Para cada variável da cinemática e cada músculo durante o movimento, uma ANOVA de modelo misto linear com medidas repetidas foi realizada para cada fase e plano. Grupos com OAC isolada e OAC+DMR apresentaram escores de DASH e dor mais altos que o controle. Para a articulação escapulotorácica, o grupo com OAC isolada apresentou maior rotação interna que o controle, e o grupo com OAC+DMR apresentou maior rotação superior que os demais em ambos os planos. Para a articulação esternoclavicular, ambos os grupos com OAC apresentaram menor retração no plano sagital, e o grupo com OAC isolada apresentou menor elevação no plano escapular, e menor rotação posterior em ambos os planos. Para a articulação acromioclavicular, o grupo com OAC isolada apresentou maior rotação superior em ambos os planos, e ambos os grupos com OAC apresentaram maior inclinação posterior no plano sagital. Não houve diferença entre os grupos para a CIVM. Grupo com ACO+DMR apresentou maior atividade do TS do que grupos com OAC isolada e controles, e maior atividade do DA do que o grupo com OAC isolada durante a fase descendente, e maior atividade do DA do que grupos com OAC isolada e controles durante a fase descendente em ambos os planos de movimento. Grupo com OAC isolada apresentou menor atividade de SA do que o grupo controle apenas durante a fase ascendente no plano sagital. Participantes com OAC apresentaram alterações na cinemática do ombro e na atividade muscular do ombro, as quais podem representar respostas compensatórias na tentativa de reduzir a dor.

**Palavras-chave:** dor no ombro; movimento; eletromiografia; biomecânica

## ABSTRACT

The acromioclavicular osteoarthritis (ACO) is a source of shoulder pain, that can occur in isolation or be associated with rotator cuff dysfunction (RCD). Individuals with RCD present altered shoulder kinematics and muscle activity. However, there are not studies that have been evaluated shoulder kinematics and muscle activity in ACO conditions. Thus, the prime purpose of this Doctorate project was to evaluate the three-dimensional shoulder motion and muscle activity during the arm elevation in individuals with isolated ACO and ACO associated with rotator cuff disease (ACO+RCD), as compared to controls. The study was divided in two parts: Part 1 - Three-dimensional shoulder kinematics; and Part 2 - Muscle activity. 74 individuals took part in this study (23 isolated ACO, 25 ACO+RCD, and 26 controls). Pain and function were assessed with *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) questionnaire, three-dimensional shoulder kinematics of scapulothoracic, sternoclavicular, and acromioclavicular joints was evaluated with surface electromagnetic sensors, and surface electromyography of upper trapezius (UT), lower trapezius (LT), serratus anterior (SA), and anterior deltoid (AD) data was collected with Bagnoli-8 (DeSys<sup>®</sup>) system and synchronized via Motion Monitor software. The individuals were evaluated during arm elevation (ascending and descending phases) in sagittal and scapular planes, and pain during motion was assessed with 0-10 scale. Group comparisons were made for the DASH and pain with Kruskay-Wallis tests, and for each muscle during the maximum voluntary isometric contraction (MVIC) with one-way ANOVA. For each kinematic variable and muscle during the motion, separate linear mixed-model 2-way ANOVAs were performed. Both groups with ACO had higher DASH and pain scores. For the scapulothoracic motion, isolated ACO group had increased internal rotation than control, and the ACO+RCD group presented increased upward rotation than others. For sternoclavicular joint, both groups with ACO presented less retraction in the sagittal plane, and the isolated ACO group presented less elevation in scapular plane, and posterior rotation in both planes. For acromioclavicular joint, the isolated ACO group presented increased upward rotation, and both groups with ACO presented increased posterior tilting in sagittal plane. There was not difference between groups for MVIC. ACO+RCD group had more UT activity than the isolated ACO and control, more AD activity than the ACO during ascending phase, and more AD activity than the ACO and controls during descending phase in both planes. Isolated ACO group had less SA activity than control only during ascending phase in sagittal plane. Patients with ACO had altered shoulder kinematics and muscle activity, which may represent compensatory responses as an attempt to reduce pain.

**Keywords:** shoulder pain; movement; electromyography; biomechanics

## SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>09</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>10</b>
<b>1. Contextualização.....</b>	<b>12</b>
<b>2. Estudo 1 - Movimento do complexo do ombro em indivíduos com osteoartrose acromioclavicular isolada e associada a disfunção do manguito rotador: Parte 1 – Cinemática tridimensional do ombro.....</b>	<b>18</b>
<b>3. Estudo 2 - Movimento do complexo do ombro em indivíduos com osteoartrose acromioclavicular isolada e associada a disfunção do manguito rotador: Parte 2 – Atividade muscular.....</b>	<b>57</b>
<b>4. Considerações finais.....</b>	<b>82</b>
<b>Anexos</b>	
<b>Comprovantes de submissão dos artigos referentes aos estudos 1 e 2 ao periódico <i>Clinical Biomechanics</i>.....</b>	<b>84</b>

## Lista de figuras

### Estudo 1

- Figura 1** Diagrama de fluxo dos participantes com dor no ombro..... 25
- Figura 2** Média e erro padrão da rotação interna/externa, rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior da articulação ET (em graus) durante as fases ascendente e descendente de elevação umeral nos planos sagital (A) e escapular (B)..... 33
- Figura 3** Figura 3 – Média e erro padrão da retração/protração, elevação/depressão e rotação anterior/posterior da articulação EC (em graus) durante as fases ascendente e descendente de elevação umeral nos planos sagital (A) e escapular (B)..... 37
- Figura 4** Figura 4 – Média e erro padrão da rotação interna/externa, rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior da articulação AC (em graus) durante as fases ascendente e descendente de elevação umeral nos planos sagital (A) e escapular (B)..... 41

### Estudo 2

- Figura 1** Média e erro padrão para o TS, TI, SA e DA durante a CIVM..... 65
- Figura 2** Figura 2 – Média e erro padrão da ativação eletromiográfica do TS, TI, SA e DA durante as fases ascendente e descendente de elevação do braço nos planos sagital (A) e escapular (B)..... 69

## Lista de tabelas

### Estudo 1

<b>Tabela 1</b>	Informações gerais dos participantes.....	25
<b>Tabela 2</b>	Média e desvio padrão (DP) e mediana e amplitude (valores mínimo e máximo) dos escores de DASH e dor durante os planos sagital e escapular para os três grupos.....	31
<b>Tabela 3</b>	Valores das variáveis cinemáticas das articulações ET, EC a AC (em graus) durante a posição neutra nos três grupos (OAC, OAC+DMR, e Controle) de participantes (n=74).....	31
<b>Tabela 4</b>	Rotação interna/externa (I/E), rotação superior/inferior (S/I) e inclinação anterior/posterior da articulação escapulotorácica (em graus) durante as fases ascendente e descendente de elevação do braço nos planos de movimento sagital e escapular nos três grupos (OAC, OAC+DMR, e controle).....	35
<b>Tabela 5</b>	Retração/Protração (Ret/Prot), elevação/depressão (Elev/Dep) e rotação anterior/posterior, em graus, durante as fases ascendente e descendente de elevação do braço nos planos de movimento sagital e escapular nos três grupos (OAC, OAC+DMR, e controle).....	40
<b>Tabela 6</b>	Rotação interna/externa (I/E), rotação superior/inferior (S/I) e inclinação anterior/posterior (em graus) durante as fases ascendente e descendente de elevação do braço nos planos de movimento sagital e escapular nos três grupos (OAC, OAC+DMR, e controle).....	44

### Estudo 2

<b>Tabela 1</b>	Informações gerais dos participantes.....	61
-----------------	---	----

**Tabela 2** Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM (% CIVM) durante os três intervalos de elevação umeral nas fases ascendente e descendente nos planos sagital e escapular nos três grupos (OAC, OAC+DMR, e Controle) de participantes (n=74)..... 67

## 1 Contextualização

As disfunções relacionadas ao complexo do ombro são um problema de saúde importante, as quais são caracterizadas por restrições nas atividades de vida diária devido à dor e às limitações na amplitude de movimento do ombro, afetando a independência funcional e, conseqüentemente, a qualidade de vida dos indivíduos (Lin et al., 2005).

Dentre as disfunções do ombro mais importantes, a disfunção do manguito rotador (DMR) é a causa mais comum de dor no ombro, consistindo de tendinopatia de um ou mais dos quatro músculos que juntos formam o manguito rotador ou ruptura parcial ou total dos seus tendões, associada ou não à inflamação da bursa subacromial (Hermans et al., 2013). A bursite subacromial, a tendinopatia ou ambos induzem à chamada síndrome do impacto subacromial, condição clínica incluída na DMR, e definida como a compressão mecânica dos tendões do manguito rotador e bursa subacromial contra o arco coracoacromial (Chester, Smith, Hooper, e Dixon, 2010).

Múltiplos fatores podem contribuir para o desenvolvimento da DMR, como: morfologia do acrômio; alteração da cinemática escapular e umeral; alteração muscular do manguito rotador e dos músculos escapulares; anormalidades capsulares; diminuída extensibilidade do peitoral menor; postura inadequada; cargas excessivas repetitivas ou o uso sustentado do braço acima de 90° de elevação; e alterações nas propriedades mecânicas, morfológicas e vasculares dos tendões (Seitz, McClure, Finucane, Boardman, e Michener, 2011).

Está bem descrito na literatura que a cinemática do ombro está alterada durante a elevação do braço em indivíduos com DMR, sendo observado que há redução da inclinação posterior e rotação superior e aumento na rotação interna da escápula no tórax (Ludewig e Reynolds, 2009; Timmons et al., 2012). A clavícula apresenta maior elevação e retração,

enquanto o úmero demonstra maior translação anterior e superior (Ludewig e Reynolds, 2009). Acredita-se que esses movimentos alterados aproximem os tendões do manguito rotador do arco coracoacromial e do lábio glenóide (Ludewig e Braman, 2011), aumentando o risco para o desenvolvimento da síndrome do impacto e da disfunção do manguito rotador.

Com relação à ativação muscular, tem sido verificada uma diminuição significativa na ativação do serrátil anterior e um aumento da ativação do trapézio superior durante a elevação do braço (Diederichsen et al., 2009; Hung, Jan, Lin, Wang, e Lin, 2010; Lin et al., 2006; Phadke, Camargo, e Ludewig, 2009). Isso, subseqüentemente, aumenta a elevação da clavícula na articulação esternoclavicular e limita a inclinação posterior (Teece et al., 2008), e a rotação superior da escápula no tórax (Lin et al., 2005). Em contrapartida, o deltóide anterior assume um importante papel na elevação umeral, na tentativa de compensar a limitada amplitude de movimento do ombro (Lin et al., 2005). Tem sido verificada inconsistência a respeito da ativação do trapézio inferior, com alguns estudos apresentando reduzida ativação do trapézio inferior e outros aumentada ativação (Chester et al., 2010; Page, 2011). O trapézio inferior é um importante estabilizador da escápula e sua diminuída ativação deve alterar o posicionamento escapular, e assim induzir o impacto subacromial (Page, 2011).

Além da DMR, uma das origens mais comuns de dor no ombro é a articulação acromioclavicular, a qual pode sofrer mudanças degenerativas precoces, como osteólise ou osteoartrite, devido às altas cargas axiais transferidas ao longo das suas pequenas e incongruentes superfícies articulares (Buttaci, Stitik, Yonclas, e Foye, 2004; Docimo Jr., Kornitsky, Futterman, e Elkowitz, 2008; Mehrberg, Lobel, e Gibson, 2004; Rios e Mazzocca, 2008; Terry e Chopp, 2000). Dentre os seus sintomas, os pacientes comumente apresentam dor na região que compreende os deltóides, a qual é exacerbada ao movimento, especialmente durante o de adução



horizontal (Brown, Roberts, Hayes, e Sales, 2000; Buchberger, 1999; Buttaci et al., 2004; Docimo Jr. et al., 2008; Gomoll, Katz, Warner, e Millett, 2004), que gera uma compressão na faceta medial do acrômio contra a parte distal da clavícula (Buchberger, 1999).

Durante a elevação do braço, em sujeitos saudáveis e assintomáticos, há uma rotação interna escapular relativa à clavícula (Ludewig et al., 2009), a qual é maior em sujeitos com DMR (Hung et al., 2010). Esta rotação interna pode estar exacerbada durante o movimento de adução horizontal do ombro, e isto pode ser um mecanismo predisponente das alterações na articulação acromioclavicular (Ludewig et al., 2009). Além disso, a superfície inferior da articulação acromioclavicular está em contato direto com a bursa subacromial e com os tendões dos músculos do manguito rotador, e devido a essa proximidade, há uma íntima relação entre as osteoartroses na articulação acromioclavicular e a disfunção do manguito rotador e síndrome do impacto do ombro (Buttaci et al., 2004; Buchberger, 1999; Rios e Mazzocca, 2008; Brown et al., 2000).

Como descrito anteriormente, indivíduos com DMR apresentam alterações nos movimentos e na atividade muscular do complexo do ombro (Chester et al., 2010; Diederichsen et al., 2009; Hung et al., 2010; Ludewig et al., 1996; McClure, Michener, e Karduna, 2006; Timmons et al., 2012). No entanto, não foram encontrados estudos que avaliassem a cinemática e a ativação muscular em sujeitos nas condições de osteoartrose na articulação acromioclavicular (OAC) isolada e associada à disfunção do manguito rotador. Poucos estudos foram realizados sobre a biomecânica da articulação acromioclavicular, os quais analisaram apenas sujeitos saudáveis (Ludewig et al., 2009; Teece et al., 2008).

Assim, o objetivo geral desse estudo de Doutorado foi avaliar o movimento tridimensional (3D) do complexo do ombro e a ativação muscular envolvida na elevação do

braço de indivíduos com osteoartrose na articulação acromioclavicular isolada; e com osteoartrose na acromioclavicular associada à disfunção do manguito rotador, e seus resultados foram comparados com um grupo de sujeitos saudáveis e assintomáticos.

Os resultados desse projeto são apresentados em dois estudos: “Movimento do complexo do ombro em indivíduos com osteoartrose acromioclavicular isolada e associada a disfunção do manguito rotador: Parte 1 – Cinemática tridimensional do ombro e Parte 2 – Atividade muscular”. Ambos os estudos foram submetidos ao Periódico *Clinical Biomechanics*, e se encontram em processo de análise (Anexo 1).

## Referências

- Brown, J. N., Roberts, S. N. J., Hayes, M. G., & Sales, A. D. (2000). Shoulder pathology associated with symptomatic acromioclavicular joint degeneration. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 9, 173–176.
- Buchberger, D. J. (1999). Introduction of a new physical examination procedure for the differentiation of acromioclavicular joint lesions and subacromial impingement. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 22(5), 316–21.
- Buttaci, C. J., Stitik, T. P., Yonclas, P. P., & Foye, P. M. (2004). Osteoarthritis of the Acromioclavicular Joint. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 83(10), 791–797.
- Chester, R., Smith, T. O., Hooper, L., & Dixon, J. (2010). The impact of subacromial impingement syndrome on muscle activity patterns of the shoulder complex: a systematic review of electromyographic studies. *BMC musculoskeletal disorders*, 11, 45.
- Diederichsen, L. P., Nørregaard, J., Dyhre-Poulsen, P., Winther, A., Tufekovic, G., Bandholm, T., Krogsgaard, M. (2009). The activity pattern of shoulder muscles in subjects with and without subacromial impingement. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 19(5), 789–99.
- Docimo Jr., S., Kornitsky, D., Futterman, B., & Elkowitz, D. E. (2008). Surgical treatment for acromioclavicular joint osteoarthritis: patient selection, surgical options, complications, and outcome. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 1(2), 154–60.

- Gomoll, A. H., Katz, J. N., Warner, J. J. P., & Millett, P. J. (2004). Rotator cuff disorders: recognition and management among patients with shoulder pain. *Arthritis and rheumatism*, *50*(12), 3751–61.
- Hermans, J., Luime, J. J., Meuffels, D. E., Reijman, M., Simel, D. L., & Bierma-Zeinstra, S. M. a. (2013). Does this patient with shoulder pain have rotator cuff disease?: The Rational Clinical Examination systematic review. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, *310*(8), 837–47.
- Hung, C.-J., Jan, M.-H., Lin, Y.-F., Wang, T.-Q., & Lin, J.-J. (2010). Scapular kinematics and impairment features for classifying patients with subacromial impingement syndrome. *Manual therapy*, *15*(6), 547–51.
- Lin, J., Hanten, W. P., Olson, S. L., Roddey, T. S., Soto-quijano, D. a, Lim, H. K., & Sherwood, A. M. (2005). Functional activity characteristics of individuals with shoulder dysfunctions. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, *15*(6), 576–86.
- Lin, J., Lim, H. K., Soto-quijano, D. a, Hanten, W. P., Olson, S. L., Roddey, T. S., & Sherwood, A. M. (2006). Altered patterns of muscle activation during performance of four functional tasks in patients with shoulder disorders: interpretation from voluntary response index. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, *16*(5), 458–68.
- Ludewig, P M, Cook, T. M., & Nawoczenski, D. A. (1996). Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, *24*(2), 57–65.
- Ludewig, P. M., & Braman, J. P. (2011). Shoulder Impingement: Biomechanical Considerations in Rehabilitation. *Manual Therapy*, *16*(1), 33–39.
- Ludewig, P. M., Phadke, V., Braman, J. P., Hassett, D. R., Cieminski, C. J., & LaPrade, R. F. (2009). Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, *91*(2), 378–89.
- Ludewig, P. M., & Reynolds, J. F. (2009). The Association of Sapular Kinematics and Glenohumeral Joint Pathologies. *Journal of Orthopaedics Sports of Physical Therapy*, *39*(2), 90–104.
- Mcclure, P. W., Michener, L. A., & Karduna, A. R. (2006). 3-Dimensional Scapular Kinematics in. *Physical Therapy*, *86*(8), 1074–1090.
- Mehrberg, R. D., Lobel, S. M., & Gibson, W. K. (2004). Disorders of the acromioclavicular joint. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, *15*(3), v, 537–55.

- Page, P. (2011). Shoulder muscle imbalance and subacromial impingement syndrome in overhead athletes. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(1), 51–58.
- Phadke, V., Camargo, P., & Ludewig, P. (2009). Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Revista brasileira de fisioterapia*, 13(1), 1–9.
- Rios, C. G., & Mazzocca, A. D. (2008). Acromioclavicular joint problems in athletes and new methods of management. *Clinics in sports medicine*, 27(4), 763–88.
- Seitz, A. L., McClure, P. W., Finucane, S., Boardman, N. D., & Michener, L. a. (2011). Mechanisms of rotator cuff tendinopathy: intrinsic, extrinsic, or both? *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 26(1), 1–12.
- Teece, R. M., Lunden, J. B., Lloyd, A. S., Kaiser, A. P., Cieminski, C. J., & Ludewig, P. M. (2008). Three-dimensional acromioclavicular joint motions during elevation of the arm. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 38(4), 181–90.
- Terry, G. C., & Chopp, T. M. (2000). Functional anatomy of the shoulder. *Journal of athletic training*, 35(3), 248–55.
- Timmons, M. K., Thigpen, C. a, Seitz, A. L., Karduna, A. R., Arnold, B. L., & Michener, L. a. (2012). Scapular kinematics and subacromial-impingement syndrome: a meta-analysis. *Journal of sport rehabilitation*, 21(4), 354–70.

## **2 Estudo 1 - Movimento do complexo do ombro em indivíduos com osteoartrose acromioclavicular isolada e associada a disfunção do manguito rotador: Parte 1 – Cinemática tridimensional do ombro**

Catarina de Oliveira Sousa<sup>a</sup>, Paula Rezende Camargo<sup>a</sup>, Ivana Leão Ribeiro<sup>a</sup>, Rodrigo Bezerra de Menezes Reiff<sup>b</sup>, Lori A Michener<sup>c</sup>, Tania Fátima Salvini<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

<sup>b</sup>Departamento de Medicina, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

<sup>c</sup>Departamento de Fisioterapia, *Virginia Commonwealth University*, Richmond, VA, EUA

### **Resumo**

O objetivo deste estudo foi descrever o movimento tridimensional do ombro durante a elevação do braço em indivíduos com osteoartrose na acromioclavicular (OAC) isolada e associada à disfunção do manguito rotador (OAC+DMR), e comparar com controles assintomáticos. Participaram deste estudo 74 indivíduos (23 com OAC isolada, 25 com OAC+DMR, e 26 controles). A dor e a função foram avaliadas com o questionário *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH), a cinemática tridimensional das articulações escapulotorácica, esternoclavicular e acromioclavicular foi coletada usando sensores eletromagnéticos superficiais durante a elevação do braço (fases ascendente e descendente) nos planos sagital e escapular, e a dor durante o movimento foi avaliada com a escala numérica de 0-10. Comparações entre grupos foram realizadas para o DASH e para a dor com o teste de *Kruskay-Wallis*. Para cada variável da cinemática, uma análise de variância de modelo misto linear com medidas repetidas foi realizada para cada fase e plano. Grupos com OAC isolada e OAC+DMR apresentaram escores de DASH e dor mais altos que o controle. Para a articulação escapulotorácica, o grupo com OAC isolada apresentou maior rotação interna que o controle, e o grupo com OAC+DMR apresentou maior rotação superior que os demais em ambos os planos. Para a articulação esternoclavicular, ambos os grupos com OAC apresentaram menor retração no plano sagital, e o grupo com OAC isolada apresentou menor elevação no plano escapular, e menor rotação posterior em ambos os planos. Para a articulação acromioclavicular, o grupo com OAC isolada apresentou maior rotação superior em ambos os planos, e ambos os grupos com OAC apresentaram maior inclinação posterior no plano sagital. Participantes com OAC apresentaram alterações na cinemática do ombro, as quais podem representar respostas compensatórias na tentativa de reduzir a dor.

**Palavras-chave:** dor no ombro; movimento; biomecânica

## **Introdução**

A patologia na articulação acromioclavicular (AC) é uma causa de dor no ombro (Babatunde, Kim, Desandis, Rogers, e Levine, 2012; Buttaci, Stitik, Yonclas, e Foye, 2004; Mehrberg, Lobel, e Gibson, 2004), sendo a degeneração da cartilagem associada aos movimentos complexos de torção na articulação AC, que ocorrem durante os movimentos do ombro, e fazem da articulação AC um local comum para a osteoartrose (Petron e Hanson, 2007). A articulação AC pode sofrer alterações degenerativas precoces como osteólise ou osteoartrose devido às altas cargas axiais transferidas ao longo de sua pequena e incongruente área de superfície (Buttaci et al., 2004; Docimo Jr., Kornitsky, Futterman, e Elkowitz, 2008; Mehrberg et al., 2004; Rios e Mazzocca, 2008; Terry e Chopp, 2000).

Não existe consenso sobre a causa exata da osteoartrose na articulação AC (OAC), entretanto, muitos fatores têm sido identificados (Petron e Hanson, 2007). A OAC pode ser idiopática, resultante de lesão e/ou instabilidade articular (Rios e Mazzocca, 2008), ou de atividades repetitivas (Petron e Hanson, 2007). É uma doença complexa que pode envolver múltiplos fatores, isoladamente ou em combinação, caracterizada por uma dor localizada isoladamente na articulação AC ou acompanhada por sintomas mecânicos, como estalidos e crepitações, e pode estar presente em uma grande faixa etária (de Abreu, Chung, Wesselly, Jin-Kim, e Resnick, 2005; Sabeti-Aschraf et al., 2011; Strobel, Pfirrmann, Zanetti, Nagy, e Hodler, 2003; van Riet e Bell, 2011).

Os sintomas da OAC são similares aos associados a outras condições dolorosas do ombro, como as disfunções do manguito rotador (DMR). As articulações AC sintomáticas apresentam sensibilidade ou dor na articulação AC, dor generalizada anterior ou superiormente no ombro, crepitação durante o movimento passivo e ativo do ombro, dor em posições de

elevação do braço, com arco doloroso acima de 120° de elevação ativa e resistida do ombro, e quando o braço cruza a frente do corpo, durante a adução horizontal do ombro, criando uma compressão entre a faceta medial do acrômio e a faceta distal da clavícula (Babatunde et al., 2012; Buchberger, 1999; Buttaci et al., 2004; Chen, Rokito, e Zuckerman, 2003; Chronopoulos, Park, Ashenbrenner, e McFarland, 2004; Docimo Jr. et al., 2008; Mehrberg et al., 2004; Sabeti-Aschraf et al., 2011).

A OAC pode ocorrer isoladamente, mas é frequentemente associada à DMR (Chen et al., 2003; Clarke e Mccann, 2000; Lemos e Tolo, 2003). A superfície inferior da articulação AC está em contato direto com a bursa subacromial e com os tendões do manguito rotador, e devido a esta proximidade, existe uma íntima relação entre a OAC e a DMR (Brown, Roberts, Hayes, e Sales, 2000; Buchberger, 1999; Buttaci et al., 2004; Lemos e Tolo, 2003; Rios e Mazzocca, 2008).

Indivíduos com DMR comumente apresentam alterações na cinemática do ombro, nos movimentos das articulações escapulotorácica (ET) e esternoclavicular (EC), e na atividade muscular (Diederichsen et al., 2009; Hung, Jan, Lin, Wang, e Lin, 2010; Ludewig, Cook, e Nawoczenski, 1996; McClure, Michener, e Karduna, 2006; Timmons et al., 2012). No entanto, melhor conhecimento é necessário para entender como os movimentos das articulações ET e EC são relacionados com o movimento da AC.

Poucos estudos analisaram a articulação AC (Ludewig et al., 2009; Teece et al., 2008), e nestes, apenas indivíduos assintomáticos foram incluídos. Estes estudos mostram que o padrão geral do movimento do complexo do ombro é a rotação superior, rotação interna e a inclinação posterior da escápula relativa à clavícula na articulação AC a medida que o braço é elevado a partir do repouso até 90° nos planos escapular sagittal e coronal ( Ludewig et al., 2009; Teece et

al., 2008) de elevação do braço. Além disso, Ludewig (Ludewig et al., 2009) verificaram diferenças entre os planos de elevação e entre as fases ascendente e descendente da elevação do braço, que foram dependentes do ângulo de elevação úmero-torácico para as rotações interna/externa e superior/inferior da AC.

Não existem estudos que avaliaram a cinemática do ombro em indivíduos com OAC isolada, ou OAC associada à DMR, sendo necessários estudos para caracterizar as anormalidades na cinemática do ombro nessa população, a fim de construir uma base de conhecimento para a avaliação e tratamento da OAC com ou sem associação com a DMR. Assim, o objetivo deste estudo foi descrever o movimento tridimensional do ombro durante as fases ascendente e descendente de elevação do braço em dois planos de movimento (sagital e escapular) em indivíduos com OAC isolada e associada à DMR (OAC+DMR), e comparar com indivíduos saudáveis e assintomáticos. Nós hipotetizamos que ambos os grupos de indivíduos com OAC poderiam apresentar alterações na cinemática quando comparados com o grupo de indivíduos saudáveis e assintomáticos, e especificamente, indivíduos com OAC+DMR poderiam apresentar maiores alterações cinemáticas.

## **Metodologia**

### **Participantes**

Cento e quarenta e seis indivíduos com relato primário de dor no ombro com idades entre 18 e 60 anos, índice de massa corporal (IMC) abaixo de 28, tempo maior que 6 meses sem realizar nenhum tipo de tratamento fisioterapêutico, alongamento, fortalecimento ou exercícios de resistência para os membros superiores, e que estavam procurando tratamento fisioterapêutico, foram avaliados quanto aos critérios de elegibilidade neste estudo.



Uma fisioterapeuta com 7 anos de experiência realizou a avaliação inicial dos participantes, que consistiu de coleta de dados pessoais, história clínica e exame físico. O exame físico, especificamente, consistiu de palpação da articulação AC e tendões do manguito rotador e bíceps braquial, avaliação da amplitude do arco doloroso durante a elevação do braço nos três planos de movimento do ombro ativa e resistida, verificação de crepitação na articulação AC pelo posicionamento dos dedos diretamente sobre a articulação AC durante a elevação do braço nos três planos de movimento passiva e ativa, e realização de 10 testes especiais: testes de Neer e Hawkins para avaliar SIS, teste de Jobe para avaliar lesão no tendão do supra-espinal, teste de Speed para avaliar lesão no tendão do bíceps braquial, teste de Gerber para avaliar lesão no subescapular, rotação externa resistida para lesão no infra-espinal e redondo menor, teste de adução horizontal para lesão na articulação AC, e testes de apreensão, gaveta anterior e sulco para avaliar a instabilidade glenoumeral.

Os participantes eram incluídos no estudo se apresentassem: 1- história de dor no ombro de duração maior que uma semana, 2- dor localizada na parte superior do ombro próximo ou na articulação AC (Chronopoulos et al., 2004), na região ântero-lateral proximal do ombro (Petron e Hanson, 2007), na região do deltóide ou do dermatomo C5-C6 (Gerber, Galantay, e Hersche, 1998), e 3- pelo menos um dos seguintes sinais e sintomas: a- arco doloroso em uma amplitude de 90° a 180° de elevação do braço (Buttaci et al., 2004; Buchberger, 1999), b- deformidade visível na região do ombro (Buchberger, 1999), inchaço, eritema ou perda de massa muscular (Babatunde et al., 2012; Chronopoulos et al., 2004; Petron e Hanson, 2007), c- crepitação, deformidade, dor ou aumento da sensibilidade palpável na articulação AC (Buchberger, 1999), ou d- teste positivo de adução horizontal do ombro (Buchberger, 1999; Buttaci et al., 2004).

Se pelo menos um dos seguintes critérios estivessem presentes, os participantes eram excluídos: menos de 120° de amplitude de elevação do braço em um dos três planos de movimento, sintomas relacionados à coluna cervical, história de subluxação ou instabilidade na articulação glenoumeral, determinada por teste positivo de apreensão, gaveta anterior ou sulco, submetido previamente à cirurgia no ombro, sinais de completa ruptura de algum dos tendões do manguito rotador, como fraqueza severa na abdução ou rotação externa, capsulite adesiva, tendinite calcárea, história de fratura de clavícula, escápula ou úmero, patologias neurológicas ou sistêmicas, e origem de dor no ombro apenas devido à *trigger point* ativo localizado na região do trapézio superior.

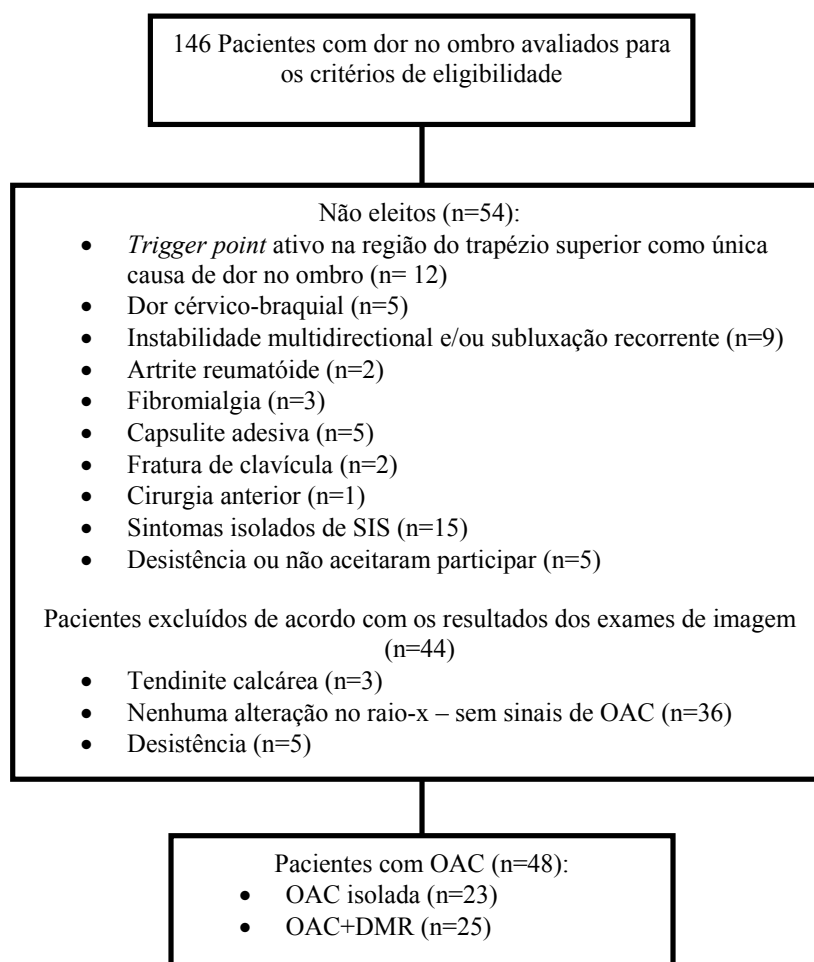
Os participantes foram submetidos a exames de raio-x *Zanca view* e ultrassonografia (US) do ombro dentro de 1 a 2 semanas após a primeira avaliação. O raio-x *Zanca view* foi obtido por meio de uma angulação de 10° a 15° superiormente da origem do raio-x para permitir a vista desobstruída da articulação AC (Buttaci et al., 2004; Docimo Jr. et al., 2008) e a eliminação da sobreposição da clavícula com a espinha da escápula (Rios e Mazzocca, 2008). O raio-x foi realizado por um técnico e interpretado por um médico especialista em radiologia musculoesquelética do ombro. Os sinais radiográficos para a degeneração da articulação AC foram osteófitos, diminuição do espaço articular, esclerose, erosão, e incongruência na articulação AC (van Riet e Bell, 2011).

A ultrassonografia foi realizada por um médico radiologista com especialização em ultrassonografia do sistema musculoesquelético, e foram utilizadas para diagnóstico as alterações morfológicas dos tendões do manguito rotador ou bíceps braquial e das bursas subacromial e subdeltóidea. Especificamente, os critérios para diagnóstico de lesão do manguito rotador foram aumento de líquido dentro da bainha sinovial, hipocogenicidade do tendão, espessamento,

desgaste, ou descontinuidade de fibra do tendão (Naredo et al., 2002), e para bursite, o critério para diagnóstico foi fluido hipoeecóico maior que 2 mm de espessura na bursa subacromial ou subdeltóidea (Kelly, Brittle, e Allen, 2010).

De acordo com os resultados dos exames de imagem, 23 indivíduos foram diagnosticados como apresentando OAC isolada (grupo OAC), uma vez que seus exames de US não identificaram nenhuma alteração nos tendões do manguito rotador e bíceps ou apenas detectaram bursite subacromial e/ou subdeltóidea; e 25 indivíduos foram diagnosticados com OAC e DMR (grupo OAC+DMR), como mostra a Figura 1. Para o grupo controle, 26 indivíduos saudáveis e assintomáticos quanto à dor no ombro participaram deste estudo. Estes indivíduos foram pareados de acordo com o gênero, idade ( $\pm$  5 anos) e IMC ( $\pm$ 2) com os indivíduos com ACO, e avaliados quanto aos critérios de inclusão e exclusão pela mesma fisioterapeuta. Nenhum deles apresentou nenhum dos critérios de inclusão e exclusão descritos acima.

Um total de 74 participantes fizeram parte deste estudo, cujas informações gerais estão descritas na Tabela 1. Foi determinado cerca de 25 participantes por grupo, baseado em estudos prévios, que consideraram como clinicamente significativa uma diferença angular de 5° entre os grupos, para variáveis similares às nossas, e obtiveram 25 indivíduos por grupo para alcançar um nível de significância de 0,05 com um *power* de 0,80 (Borstad e Ludewig, 2005; Borstad, 2006). Todos os sujeitos foram instruídos sobre o estudo, o qual foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos e conduzido de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, concordando com sua participação no estudo.



**Figura 1.** Diagrama de fluxo dos participantes com dor no ombro.

**Tabela 1.** Informações gerais dos participantes

Características	OAC isolada (n=23)	OAC+DMR (n=25)	Controle (n=26)	Teste and P
Idade (anos)	42,78±11,74	48,16±8,69	45,81±8,68	H(2)=4,5;P=0,11
Gênero	15 m; 8 f	13 M; 12 F	13 M; 13 F	H(2)=1,3;P=0,52
Estatura (m)	1,72±1,2	16,6±1,0	16,6±0,8	F(2)=3,2;P=0,05
Massa (kg)	75,21±14,17	70,18±9,67	66,27±9,32	H(2)=5,8;P=0,05
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,05±2,17	25,28±2,36	24,10±2,49	F(2)=1,8;P=0,17
Afetado/Membro testado	11D; 12ND	18 D; 7 ND	17 D; 9 ND	H(2)=3,1;P=0,21

Nota: m = masculino; f = feminino; D = dominante; ND = não-dominante; F = Anova *one-way*; H = *Kruskal-Wallis*

Procedimentos

Os participantes foram primeiramente avaliados para a verificação de critérios de inclusão e exclusão, e responderam questões a cerca de sua dor no ombro e características demográficas. A dor e a função foram avaliadas com a versão brasileira do questionário *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) (Orfale, Araújo, Ferraz, e Natour, 2005), e a coleta de dados da cinemática tridimensional do ombro foi realizada durante a elevação do braço (fases ascendente e descendente) nos planos de movimento sagital e escapular. A ordem do plano a ser avaliado foi escolhida aleatoriamente. Apenas o ombro sintomático foi avaliado para os indivíduos com OAC, e para os indivíduos saudáveis e assintomáticos, o ombro avaliado foi escolhido aleatoriamente. Após cada movimento de elevação do braço, nos planos sagital e escapular, a dor foi avaliada com a escala de numérica de avaliação da dor.

#### Dor e Função

O questionário DASH contém 30 questões para medir a função e os sintomas físicos. Cada questão tem cinco respostas possíveis, variando de “nenhuma dificuldade” até “incapaz de desenvolver”, sendo assim, pontuado numa escala de um a cinco pontos. O escore total do questionário varia de 0 a 100 (0 = nenhuma incapacidade).

#### Cinemática tridimensional do ombro

Os dados do movimento tridimensional foram coletados usando o sistema de rastreamento eletromagnético *Flock of Birds* (*Ascension Technologies*, Burlington, VT) associado ao *software MotionMonitor* (*Innovative Sports Training*, Chicago, IL). Os indivíduos foram solicitados a ficarem em pé em uma posição neutra com o transmissor diretamente atrás da articulação do ombro testado e quatro sensores eletromagnéticos superficiais foram afixados à pele dos indivíduos, usando uma fita dupla face, em pontos anatômicos específicos: no esterno, inferiormente à fúrcula esternal; no terço lateral e distal da clavícula; numa superfície plana na

parte posterior e medial do processo do acrômio; e um afixado a um manguito preso com velcro ao braço dos indivíduos, diretamente acima dos epicôndilos do úmero (Ludewig et al., 2009; Ludewig, Behrens, Meyer, Spoden, e Wilson, 2004; Teece et al., 2008). Um sensor foi conectado a uma ponteira, chamada *stylus*, para a digitalização dos pontos anatômicos e construção do sistema de coordenadas para cada articulação (Ludewig e Cook, 2000).

Os sistemas de coordenadas anatômicas foram estabelecidas para cada segmento pela palpação e digitalização das marcas anatômicas de acordo com o protocolo recomendado pela Sociedade Internacional de Biomecânica - ISB (Wu et al., 2005). Digitalizar significa trazer o *stylus*, com sistema de coordenadas e medidas conhecidas em relação ao sistema transmissor, aos marcos anatômicos e registrar de maneira digital a posição da coordenada tridimensional relativo ao respectivo sensor do segmento. As marcas anatômicas foram palpadas e marcadas por uma fisioterapeuta que tinha experiência com o protocolo, como segue: 1) para o tórax – fúrcula esternal, processo espinhoso da sétima vértebra cervical (C-7), processo espinhoso da oitava vértebra torácica, e processo xifóide; 2) para a escápula – raiz da espinha da escápula, ângulo pósterolateral do acrômio, e ângulo inferior da escápula; 3) para a clavícula – um ponto superior e inferior à articulação EC e um ponto anterior e posterior à articulação AC foram utilizados para definir o eixo longo da clavícula; 4) para o úmero – epicôndilo medial, epicôndilo lateral e o centro da cabeça umeral, que foi estimado movendo passivamente o braço em amplitudes curtas de rotação em várias diferentes posições (Teece et al., 2008).

Em seguida, após completar a digitalização, os indivíduos assumiram uma posição neutra em bipedestação, com seus braços em repouso ao lado do corpo, por aproximadamente cinco segundos, enquanto os valores angulares foram registrados (Ludewig et al., 1996; Yang, Lu, Chou, Chang, e Lin, 2009). Na sequência, os indivíduos foram instruídos a realizarem três

repetições no plano sagital e no plano escapular (40° de abdução úmero-torácica) usando uma superfície vertical planar como referência para confirmar o plano de elevação adotado de acordo com os dados provenientes do *software MotionMonitor* (Ludewig et al., 2009). Os participantes suavemente tocavam sua superfície palmar com o polegar apontando superiormente na superfície vertical para manter o movimento no plano apropriado. Os participantes receberam instrução verbal para controlar a velocidade de movimento, de maneira em que levassem 3 segundos para elevar e 3 segundos para descer o braço em cada uma das três repetições. Após cada repetição, os participantes reportaram sobre a sua dor durante a elevação do braço de acordo com a escala numérica de avaliação da dor, que varia de 0 a 10, sendo 0 nenhuma dor e 10 a pior dor imaginável (Puga, Lopes, Shiwa, Alouche, e Costa, 2013).

#### Redução dos dados

Os sistemas de coordenadas local dos sensores relativos ao transmissor foram transformados em sistemas de eixos clinicamente significativos baseado nas marcas anatômicas digitalizadas, resultado em um sistema de eixos ortogonal, com o eixo Z direcionado lateralmente, o eixo X direcionado anteriormente, e o eixo Y superiormente para analisar os dados do lado direito (Wu et al., 2005). A orientação dos eixos no lado esquerdo é o mesmo, exceto para o eixo X, o qual é direcionado posteriormente.

O sistema de eixos foi estabelecido como previamente descrito: para o tronco, esses eixos foram alinhados com os planos frontal, sagital e transversos; para a escápula, o eixo lateral foi formado por uma linha criada a partir da raiz da espinha da escápula até a articulação AC, e o eixo anterior formado perpendicular ao plano da escápula; para o úmero, o eixo lateral foi direcionado paralelo a uma linha que liga os epicôndilos medial e lateral e o eixo longitudinal paralelo ao eixo longo do úmero; e para a clavícula, o eixo lateral foi formado por uma linha

criada a partir da articulação EC à AC (Ludewig et al., 2009). Para descrever o movimento da articulação AC, os eixos escapulares foram descritos relativos aos eixos da clavícula (Ludewig et al., 2009; Teece et al., 2008).

A sequência YXZ foi usada para descrever os movimentos escapulares relativos ao tronco (movimento da articulação ET), com suas rotações descritas na seguinte ordem: rotação interna/externa, rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior. A posição do úmero relativa ao tórax foi determinada usando a sequência YX'Y", cuja a primeira rotação defini o plano de elevação, o segundo definiu o ângulo de elevação umeral, e o terceiro definiu a rotação interna/externa (Wu et al., 2005). O movimento da clavícula relativo ao esterno (movimento da articulação EC) foi definido como protração/retração relativo ao eixo superior, elevação/depressão relativo ao eixo anterior, e rotação anterior/posterior relativo ao eixo lateral. O movimento da escápula relativo à clavícula (movimento na articulação AC) foi definido usando a mesma terminologia utilizada para o movimento da escápula relativo ao tórax (Ludewig et al., 2009).

Para os movimentos da articulação ET, os valores angulares foram analisados no repouso, e a 30°, 60°, 90°, e 120° de elevação umeral; e para os movimentos das articulações EC e AC, os valores angulares foram analisados no repouso, e a 30°, 60°, e 90° de elevação umeral, durante as fases ascendente e descendente e em cada plano de movimento (sagital e escapular).

#### Análise dos dados

Média e desvio padrão foram calculados para todos os dados demográficos e variáveis dependentes, e mediana e amplitude quando as variáveis foram consideradas não-paramétricas. Um teste de *Kruskay-Wallis* foi realizado para as variáveis idade, gênero, massa corporal, membro afetado, DASH e dor em cada plano de movimento, usando grupos (OAC, OAC+DMR



e controle) como fator e *Dunnett's T3* como teste *post hoc*. Uma análise de variância (ANOVA) foi conduzida para as variáveis estutura, IMC, e para cada variável cinemática de cada articulação (ET, EC, AC) coletada durante a posição de repouso, a fim de determinar diferenças entre os três grupos, usando *Tukey* como teste *post hoc*, quando necessário. Para cada variável da cinemática de cada articulação durante o movimento, uma análise de variância de modelo linear misto (ANOVA 2-way linear mixed-model) com medidas repetidas foi realizada para cada fase de movimento (ascendente e descendente) e plano de elevação (sagital e escapular), tendo como fator principal os grupos e fator de repetição os níveis de elevação umeral. As comparações de interesse foram as de fator principal ou as interações entre grupos e elevação umeral. O tipo de covariância para medidas repetidas foi selecionado baseado no critério de informação de Akaike (AIC) que é um índice de ajuste relativo do modelo de covariância (Littell, Pendergast, e Natarajan, 2000). Um nível de significância de 0,05 foi adotado para todos os testes estatísticos, e testes *post hoc* por comparações aos pares foram realizadas com um ajuste de Bonferroni. Todas as análises foram desenvolvidas usando o SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## **Resultados**

As características gerais e demográficas dos participantes estão presentes na Tabela 1. Nenhuma diferença foi encontrada entre os grupos em nenhuma das variáveis demográficas.

A Tabela 2 apresenta os valores de DASH e de dor para os três grupos. Os participantes com OAC isolada e OAC+DMR apresentaram maiores escores do DASH e dor do que os participantes do grupo controle.

**Tabela 2.** Média e desvio padrão (DP) e mediana e amplitude (valores mínimo e máximo) dos escores de DASH e dor durante os planos sagital e escapular para os três grupos.

Variáveis	Grupos		
	OAC (n=23)	OAC+DMR (n=26)	Controle (n=25)
DASH			
Média (DP)	31,62 (21,09)	38,59 (16,07)	1,02 (2,10)
Mediana (mín – máx)	27,50 (0,00 – 75,00) <sup>a</sup>	39,16 (8,33 – 66,66) <sup>b</sup>	0,00 (0,00 – 8,33) <sup>a, b</sup>
Dor –Plano sagital			
Média (DP)	2,58 (2,71)	3,79 (2,49)	0,00 (0,00)
Mediana (mín – máx)	1,67 (0,00 – 8,00) <sup>c</sup>	4,50 (0,00 – 8,00) <sup>d</sup>	0,00 (0,00 – 0,00) <sup>c, d</sup>
Dor –Plano escapular			
Média (DP)	2,69 (2,82)	2,69 (2,37)	0,00 (0,00)
Mediana (mín – máx)	2,33 (0,00 – 8,33) <sup>e</sup>	2,33 (0,00 – 8,50) <sup>f</sup>	0,00 (0,00 – 0,00) <sup>e, f</sup>

Notas: mín = mínimo; máx = máximo. Letras iguais indicam diferenças entre grupos.

A Tabela 3 apresenta os valores das variáveis das articulações ET, EC e AC durante a posição neutra para os três grupos. Não houve diferença entre os grupos para nenhuma das variáveis, com exceção da variável retração/protração da articulação EC, onde indivíduos do grupo OAC isolada apresentaram menor retração que os do grupo controle, com uma diferença de 5,0° (p=0,021).

**Tabela 3.** Valores das variáveis cinemáticas das articulações ET, EC a AC (em graus) durante a posição neutra nos três grupos (OAC, OAC+DMR, e Controle) de participantes (n=74).

Posição neutra	Grupos		
	OAC (n=23)	OAC+DMR (n=26)	Controle (n=25)
Rotação Interna/Externa da ET	29,64 (3,75)	28,96 (5,77)	27,47 (4,58)
Rotação Superior/Inferior da ET	-1,26 (4,35)	-3,93 (4,37)	-3,03 (4,51)
Inclinação Anterior/Posterior da ET	-7,77 (4,80)	-8,78 (3,80)	-7,60 (4,49)
Retração/Protração da EC	-27,98 (7,68) <sup>a</sup>	-31,28 (5,71)	-32,98 (5,75) <sup>a</sup>
Elevação/Depressão da EC	-11,93 (5,24)	-12,25 (4,34)	-13,13 (5,10)
Rotação Anterior/Posterior da EC	-9,03 (12,93)	-6,68 (15,86)	-6,11 (15,61)
Rotação Interna/Externa da AC	58,90 (5,23)	58,32 (6,17)	59,49 (7,80)
Rotação Superior/Inferior da AC	-3,55 (12,29)	-4,12 (13,28)	-1,67 (13,59)
Inclinação Anterior/Posterior da AC	6,44 (9,91)	6,66 (7,70)	7,30 (11,02)

Nota: Valores expressos em média e desvio padrão (DP). Letras iguais indicam diferenças entre grupos.

### Movimento na articulação escapulotorácica (ET)

A Figura 2 – A apresenta o comportamento das variáveis cinemáticas da articulação ET durante a elevação do braço no plano sagital de movimento. Durante a fase ascendente, houve movimento em direção à rotação interna rotação superior, e movimento a partir da inclinação anterior em direção à posterior nos três grupos. Durante a fase descendente, os movimentos ocorreram em direções opostas. Houve diminuição da rotação interna, diminuição da rotação superior, e movimento na direção da inclinação anterior.

A Figura 2 – B apresenta o comportamento das variáveis cinemáticas da articulação ET durante a elevação do braço no plano escapular. Durante a fase ascendente, houve discreto movimento de rotação interna/externa, com ambos os grupos com OAC apresentando movimento em direção à rotação externa, e o grupo controle movimento em direção à rotação interna. A respeito da rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior, todos os grupos apresentaram padrão de movimento similar ao plano sagital, com aumento da rotação superior e inclinação posterior. Durante a fase descendente, para a rotação interna/externa, os grupos com OAC isolada e controle apresentaram discreto movimento, e o grupo com OAC+DMR apresentou um maior movimento em direção à rotação interna. A respeito da rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior, todos os grupos apresentaram padrão de movimento similar ao plano sagital, com diminuição da rotação superior e inclinação posterior.

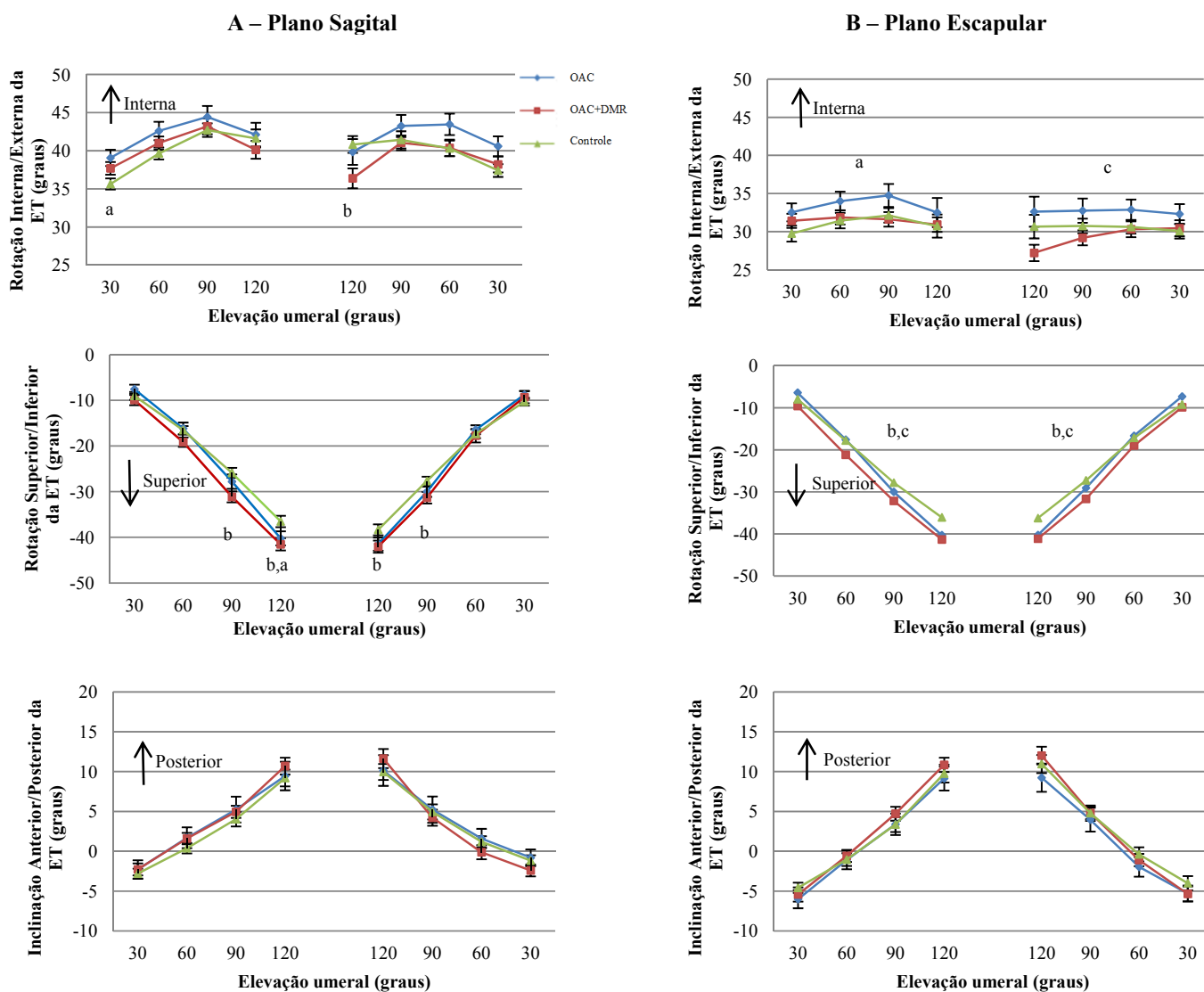


Figura 2 – Média e erro padrão da rotação interna/externa, rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior da articulação ET (em graus) durante as fases ascendente e descendente de elevação umeral nos planos sagital (A) e escapular (B).

Nota: a= diferença entre grupos OAC isolada e controle; b= diferença entre grupos com OAC+DMR e controle; c= diferença entre grupos com OA isolada e OAC+DMR.

A Tabela 4 apresenta as variáveis da cinemática da articulação ET durante as fases ascendente e descendente nos dois planos de movimento para os três grupos. Os resultados das análises estatísticas indicaram que, no plano sagital, durante a fase ascendente, houve interação entre grupos e elevação umeral para a rotação interna/externa ( $p=0,04$ ) e superior/inferior

( $p < 0,01$ ), com comparações pareadas indicando que a 30° de elevação umeral, o grupo com OAC isolada apresentou maior rotação interna que o grupo controle (diferença de 3,47°); a 90° de elevação umeral, o grupo com OAC+DMR apresentou maior rotação superior que o grupo controle (diferença de 5,25°); e a 120° de elevação, grupos com OAC isolada e OAC+DMR apresentaram maior rotação superior que o grupo controle (diferença de 3,69° e 5,25°, respectivamente).

Durante a fase descendente, também houve interação entre grupos e elevação umeral para a rotação interna/externa ( $p = 0,01$ ) e superior/inferior ( $p = 0,01$ ), com comparações pareadas indicando que a 120° de elevação, o grupo com OAC+DMR apresentou maior rotação interna (diferença de 4,44°) e rotação superior (diferença de 3,66°) que o grupo controle; e a 90° de elevação, o grupo com OAC+DMR apresentou maior rotação superior (diferença de 3,69°) que o grupo controle.

No plano escapular, durante a fase ascendente, houve diferença entre grupos para a para a rotação interna/externa ( $p = 0,01$ ) e superior/inferior ( $p < 0,01$ ), com o grupo com OAC isolada apresentando maior rotação interna que o grupo controle (diferença de 2,43°) e grupo com OAC+DMR apresentando maior rotação superior que os grupos com ACO isolada e controle (diferença de 2,49° e 3,65°, respectivamente). Durante a fase descendente, também houve diferença entre grupos para a rotação interna/externa ( $p < 0,01$ ) e superior/inferior ( $p < 0,01$ ), com o grupo com OAC isolada apresentando maior rotação interna do que o grupo com OAC+DMR (diferença de 3,35°) e grupo com OAC+DMR apresentando maior rotação superior que os grupos com OAC isolada e controle (diferença de 2,09° e 2,94°, respectivamente).

Nenhuma diferença foi identificada para a inclinação anterior/posterior durante as fases ascendente ou descendente nem nos planos sagital ou escapular.

**Tabela 4.** Rotação interna/externa (I/E), rotação superior/inferior (S/I) e inclinação anterior/posterior da articulação escapulotorácica (em graus) durante as fases ascendente e descendente de elevação do braço nos planos de movimento sagital e escapular nos três grupos (OAC, OAC+DMR, e controle).

Elevação	Plano sagital						Plano escapular					
	Fase ascendente			Fase descendente			Fase ascendente			Fase descendente		
Rotação I/E	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OACO+DMR	Controle	OAC <sup>a</sup>	OAC+DMR	Controle <sup>a</sup>	OAC <sup>b</sup>	OAC+DMR <sup>b</sup>	Controle
30°	39,07 (5,7) <sup>c</sup>	37,69 (4,09)	35,64 (3,51) <sup>c</sup>	40,59 (6,27)	38,21 (5,04)	37,41 (4,09)	32,53 (5,78)	31,42 (4,70)	29,75 (5,35)	32,30 (6,41)	30,45 (5,28)	30,07 (4,96)
60°	42,60 (5,80)	41,01 (4,26)	39,64 (3,58)	43,46 (6,76)	40,38 (5,14)	40,30 (5,04)	34,00 (6,04)	31,87 (4,76)	31,45 (5,09)	32,88 (6,56)	30,31 (5,21)	30,62 (4,18)
90°	4,44 (6,89)	43,20 (5,06)	40,70 (4,07)	43,25 (6,83)	41,04 (4,48)	41,43 (5,42)	34,74 (7,39)	31,61 (4,78)	32,14 (4,68)	32,75 (7,80)	29,19 (4,89)	30,74 (4,61)
120°	42,12 (6,96)	40,12 (5,35)	41,62 (5,41)	39,85 (7,57)	35,86 (5,69) <sup>d</sup>	40,83 (5,06) <sup>d</sup>	32,51 (9,02)	30,92 (4,47)	30,73 (7,42)	32,62 (9,46)	27,21 (5,18)	30,66 (7,43)
Rotação S/I	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC <sup>e</sup>	OAC+DMR <sup>e,f</sup>	Controle <sup>g</sup>	OAC <sup>e</sup>	OAC+DMR <sup>e,f</sup>	Controle <sup>g</sup>
30°	-7,55 (4,70)	-9,94 (5,67)	-9,03 (4,42)	-8,77 (4,20)	-9,31 (6,61)	-10,29 (4,34)	-6,38 (4,64)	-9,55 (4,43)	-7,94 (4,89)	-7,30 (4,54)	-9,85 (5,50)	-9,21 (5,53)
60°	-16,16 (6,22)	-19,15 (5,15)	-16,53 (4,59)	-16,43 (4,68)	-17,74 (7,39)	-17,33 (4,71)	-17,55 (5,22)	-21,18 (5,60)	-17,77 (5,03)	-16,63 (4,95)	-18,95 (5,97)	-17,14 (5,28)
90°	-27,79 (7,59)	-31,13 (5,99) <sup>h</sup>	-25,88 (5,53) <sup>h</sup>	-30,02 (5,35)	-31,32 (6,35) <sup>i</sup>	-27,67 (4,68) <sup>i</sup>	-29,99 (5,99)	-32,13 (6,73)	-27,79 (4,82)	-29,05 (4,69)	-31,63 (5,99)	-27,24 (4,60)
120°	-40,22 (7,39) <sup>j</sup>	-41,53 (6,64) <sup>k</sup>	-36,52 (6,33) <sup>j,k</sup>	-41,48 (6,95)	-42,04	-38,35 (6,17) <sup>l</sup>	-40,28 (5,80)	-41,31 (6,86)	-36,05 (4,61)	-40,25 (5,66)	-41,13 (6,63)	-36,23 (4,99)

(6,64)<sup>l</sup>

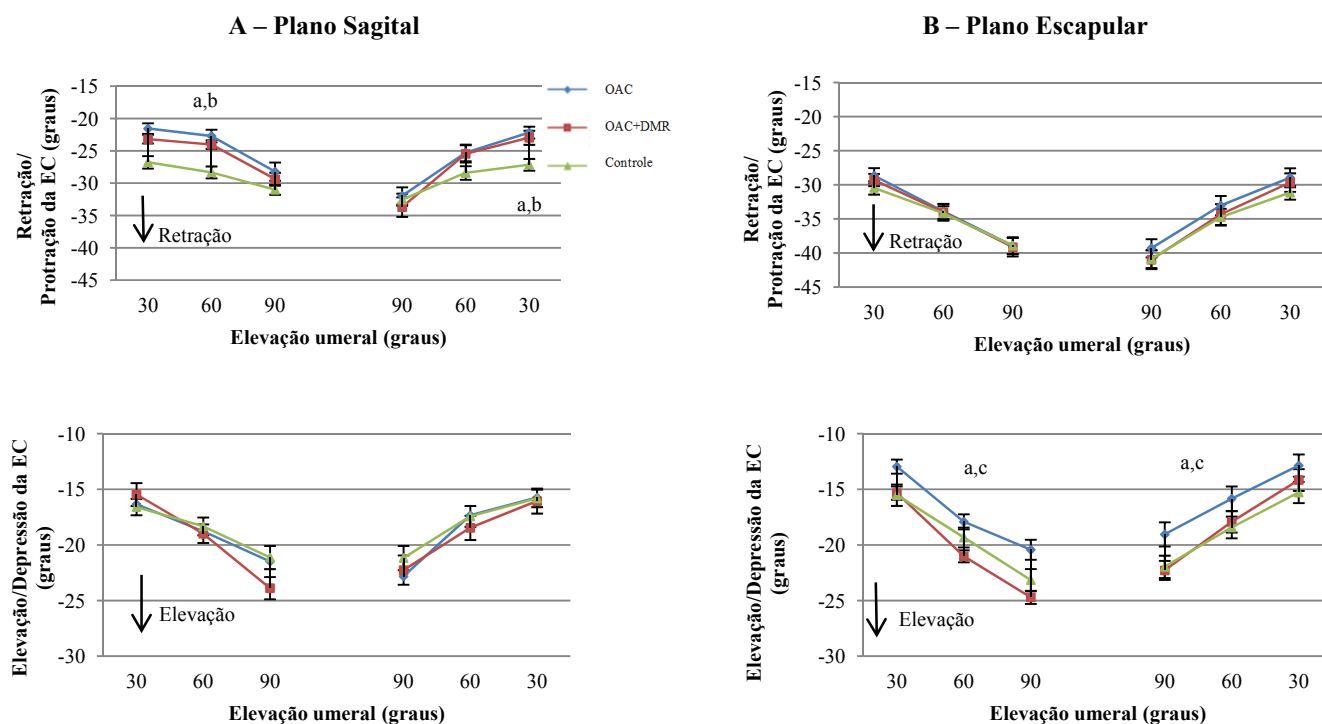
Inclinação	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle
30°	-2,29 (5,60)	-2,27 (3,76)	2,80 (2,97)	-0,80 (4,70)	-2,40 (3,67)	-1,18 (3,26)	-6,01 (5,36)	-5,42 (4,19)	-4,59 (3,16)	-5,31 (4,60)	-5,35 (4,36)	-4,01 (4,54)
60°	1,70 (6,29)	1,59 (3,60)	0,38 (3,17)	1,60 (5,61)	-0,12 (4,33)	1,20 (3,35)	-1,08 (5,38)	-0,58 (3,57)	-1,04 (4,08)	-1,96 (5,79)	-1,10 (3,66)	-0,39 (4,62)
90°	5,24 (7,79)	4,96 (3,71)	4,03 (4,36)	5,23 (7,72)	4,22 (4,87)	4,95 (4,58)	3,38 (6,19)	4,71 (4,11)	3,36 (4,70)	3,97 (7,02)	4,81 (3,69)	4,78 (4,96)
120°	9,45 (8,42)	10,70 (5,06)	9,19 (4,80)	10,14 (8,83)	11,64 (5,74)	9,96 (4,60)	9,14 (6,91)	10,85 (4,10)	9,75 (5,70)	9,24 (8,31)	12,02 (5,20)	10,96 (5,79)

Nota: Os valores estão expressos em média e desvio padrão (DP).

Letras iguais indicam diferenças entre grupos.

### Movimento na articulação esternoclavicular (EC)

A Figura 3 – A e B apresenta o comportamento das variáveis cinemáticas da articulação EC durante a elevação do braço no plano sagital e escapular de movimento, respectivamente. Em ambos os planos de movimento, durante a fase ascendente, o movimento foi caracterizado pelo aumento da retração, elevação e rotação posterior da clavícula em relação ao tórax. Durante a fase descendente, os movimentos ocorreram em direções opostas, em direção à protração, depressão, e rotação anterior.





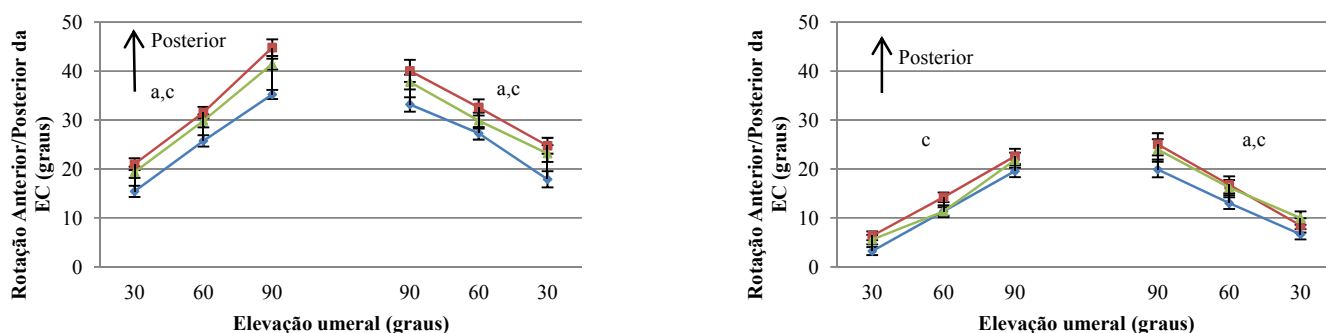


Figura 3 – Média e erro padrão da retração/protração, elevação/depressão e rotação anterior/posterior da articulação EC (em graus) durante as fases ascendente e descendente de elevação umeral nos planos sagital (A) e escapular (B).

Nota: a= diferença entre grupos OAC isolada e controle; b= diferença entre grupos com OAC+DMR e controle; c= diferença entre grupos com OA isolada e OAC+DMR.

A Tabela 5 apresenta as variáveis da cinemática da articulação EC durante as fases ascendente e descendente nos dois planos de movimento para os três grupos. As análises estatísticas indicaram que no plano sagital, durante a fase ascendente, houve diferença entre grupos para os movimentos de retração/protração ( $p < 0,01$ ) e rotação anterior/posterior ( $p < 0,01$ ) da articulação EC, onde os grupos com OAC isolada e OAC+DMR apresentaram menor retração que o grupo controle (diferença de  $4,48^\circ$  e  $3,38^\circ$ , respectivamente); e grupo com OAC isolada apresentou menor rotação posterior que os grupos com OAC+DRM e controle (diferença de  $6,97^\circ$  e  $4,74^\circ$ , respectivamente).

Durante a fase descendente, houve interação entre os grupos e elevação umeral para o movimento de retração/protração ( $p = 0,02$ ), cujas comparações pareadas indicaram que a  $30^\circ$  de elevação, os grupos com OAC isolada e OAC+DMR apresentaram menor retração que o controle (diferença de  $4,98^\circ$  e  $4,17^\circ$ , respectivamente). Também houve interação entre os grupos e elevação umeral para o movimento de rotação anterior/posterior ( $p < 0,01$ ), com o grupo com OAC isolada apresentando menor rotação posterior do que os grupos com OAC+DMR e controle

(diferença de 6,34° e 4,14°, respectivamente). Nenhuma diferença foi encontrada entre os grupos para os movimentos de elevação/depressão durante as fases ascendente ou descendente no plano sagital de movimento.

No plano escapular, durante a fase ascendente, houve diferença entre grupos para os movimentos de elevação/depressão ( $p < 0,01$ ) e rotação anterior/posterior ( $p = 0,02$ ) na articulação EC, onde o grupo com OAC isolada apresentou menor elevação que os grupos com OAC+DMR e controle (diferença de 3,26° e 2,24°, respectivamente), e menor rotação posterior comparado ao grupo com OAC+DMR (diferença de 2,99°). Durante a fase descendente, também houve diferença entre grupos para os movimentos de elevação/depressão ( $p = 0,01$ ) e rotação anterior/posterior ( $p = 0,03$ ) na articulação EC, onde o grupo com OAC isolada apresentou menor elevação que os grupos com OAC+DMR e controle (diferença de 2,21° e 2,64°, respectivamente), e menor rotação posterior comparado aos grupos com OAC+DMR e controle (diferença de 3,57° e 3,53°, respectivamente). Nenhuma diferença foi identificada entre os grupos para os movimentos de retração/protração durante as fases ascendente ou descendente no plano escapular de movimento.

**Tabela 5.** Retração/Protração (Ret/Prot), elevação/depressão (Elev/Dep) e rotação anterior/posterior, em graus, durante as fases ascendente e descendente de elevação do braço nos planos de movimento sagital e escapular nos três grupos (OAC, OAC+DMR, e controle).

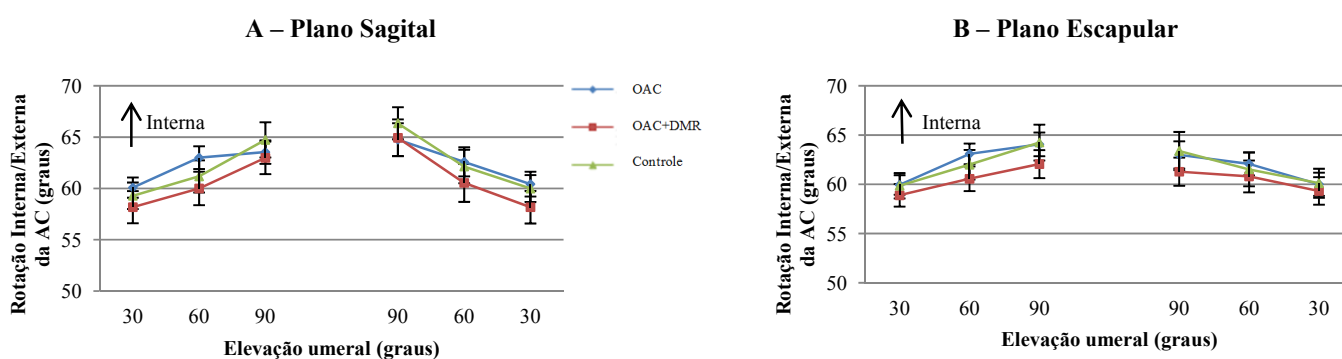
Plano sagital							Plano escapular					
Elevação	Fase ascendente			Fase descendente			Fase ascendente			Fase descendente		
	Ret/Prot	OAC <sup>a</sup>	OAC+DMR <sup>b</sup>	Controle <sup>a,b</sup>	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR
30°	-21,55 (4,01)	-23,18 (3,40)	-26,76 (5,03)	-22,16 (4,51) <sup>c</sup>	-22,97 (5,57) <sup>d</sup>	-27,14 (4,71) <sup>c,d</sup>	-28,66 (5,46)	-29,29 (4,59)	-30,45 (5,08)	-28,96 (6,84)	-29,66 (6,93)	-31,15 (5,25)
60°	-22,69 (4,85)	-24,03 (3,46)	-28,33 (4,82)	-22,31 (6,33)	-25,46 (6,86)	-28,41 (5,53)	-33,89 (5,42)	-34,01 (6,11)	-34,17 (5,42)	-33,04 (6,94)	-34,35 (7,83)	-34,74 (6,44)
90°	-28,21 (6,93)	-29,38 (5,09)	-31,01 (4,03)	-31,97 (6,59)	-33,69 (7,75)	-32,55 (4,94)	-38,96 (5,97)	-39,14 (6,99)	-38,91 (6,35)	-39,30 (6,56)	-40,99 (7,05)	-40,88 (6,88)
Elev/Dep	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC <sup>e,f</sup>	OAC+DMR <sup>f</sup>	Controle <sup>e</sup>	OAC <sup>e,f</sup>	OAC+DMR <sup>f</sup>	Controle <sup>e</sup>
30°	-16,33 (2,64)	-15,46 (5,28)	-16,59 (3,80)	-15,74 (6,07)	-16,04 (5,75)	-15,80 (4,13)	-12,94 (3,12)	-15,33 (3,06)	-15,52 (5,00)	-19,04 (5,34)	-14,15 (5,01)	-15,27 (4,96)
60°	-18,78 (3,86)	-18,98 (4,27)	-18,32 (4,18)	-17,33 (6,78)	-18,45 (5,58)	-17,42 (4,90)	-17,91 (3,32)	-21,01 (2,74)	-19,32 (4,64)	-15,83 (5,41)	-17,92 (4,88)	-18,42 (5,07)
90°	-21,47 (6,39)	-23,88 (5,11)	-21,12 (5,43)	-22,82 (8,39)	-22,26 (6,72)	-21,17 (5,67)	-20,42 (4,41)	-24,71 (3,03)	-23,16 (5,22)	-12,85 (4,90)	-22,28 (4,0)	-21,96 (5,22)
Rotação	OAC <sup>g,h</sup>	OAC+DMR <sup>h</sup>	Controle <sup>g</sup>	OAC <sup>g,h</sup>	OAC+DMR <sup>h</sup>	Controle <sup>g</sup>	OAC <sup>h</sup>	OAC+DMR <sup>h</sup>	Controle	OAC <sup>g,h</sup>	OAC+DMR <sup>h</sup>	Controle <sup>g</sup>
30°	15,44 (5,63)	21,00 (6,18)	19,35 (5,96)	17,90 (8,10)	24,76 (8,27)	23,17 (8,98)	15,44 (6,63)	21,00 (6,18)	19,35 (5,96)	6,68 (5,18)	8,48 (7,46)	9,97 (7,14)
60°	25,76 (5,65)	31,54 (5,93)	29,85 (6,87)	27,31 (6,33)	32,60 (8,40)	29,89 (8,57)	25,76 (5,65)	31,54 (5,93)	29,85 (6,87)	13,03 (5,89)	16,77 (8,86)	16,21 (8,08)
90°	32,24 (4,63)	44,81 (8,66)	41,45 (5,74)	33,20 (7,26)	40,06 (11,53)	37,78 (7,88)	35,24 (4,63)	44,81 (8,66)	41,45 (5,74)	19,90 (7,84)	25,06 (11,60)	24,01 (10,84)

Os valores estão expressos em média e desvio padrão (DP). Letras iguais indicam diferenças entre grupos.

### Movimentos na articulação acromioclavicular (AC)

A Figura 4 – A apresenta o comportamento das variáveis cinemáticas da articulação AC durante a elevação do braço no plano sagital de movimento. Durante a fase ascendente, o movimento foi caracterizado pelo aumento da rotação interna nos três grupos; discreto aumento da rotação superior nos grupos com OAC isolada e OAC+DMR, e discreta rotação inferior no grupo controle; aumento da inclinação posterior nos três grupos. Durante a fase descendente, o movimento foi caracterizado pela diminuição da rotação interna, aumento da rotação inferior, e diminuição da inclinação posterior.

A Figura 4 – B apresenta o comportamento das variáveis cinemáticas da articulação AC durante a elevação do braço no plano escapular de movimento. Durante a fase ascendente, o movimento foi caracterizado pelo aumento da rotação interna e inclinação posterior nos três grupos, similar ao plano sagital, e maior movimento de rotação superior do que no plano sagital nos três grupos. Durante a fase descendente, o movimento foi caracterizado pela diminuição da rotação interna, rotação inferior e diminuição da inclinação posterior.



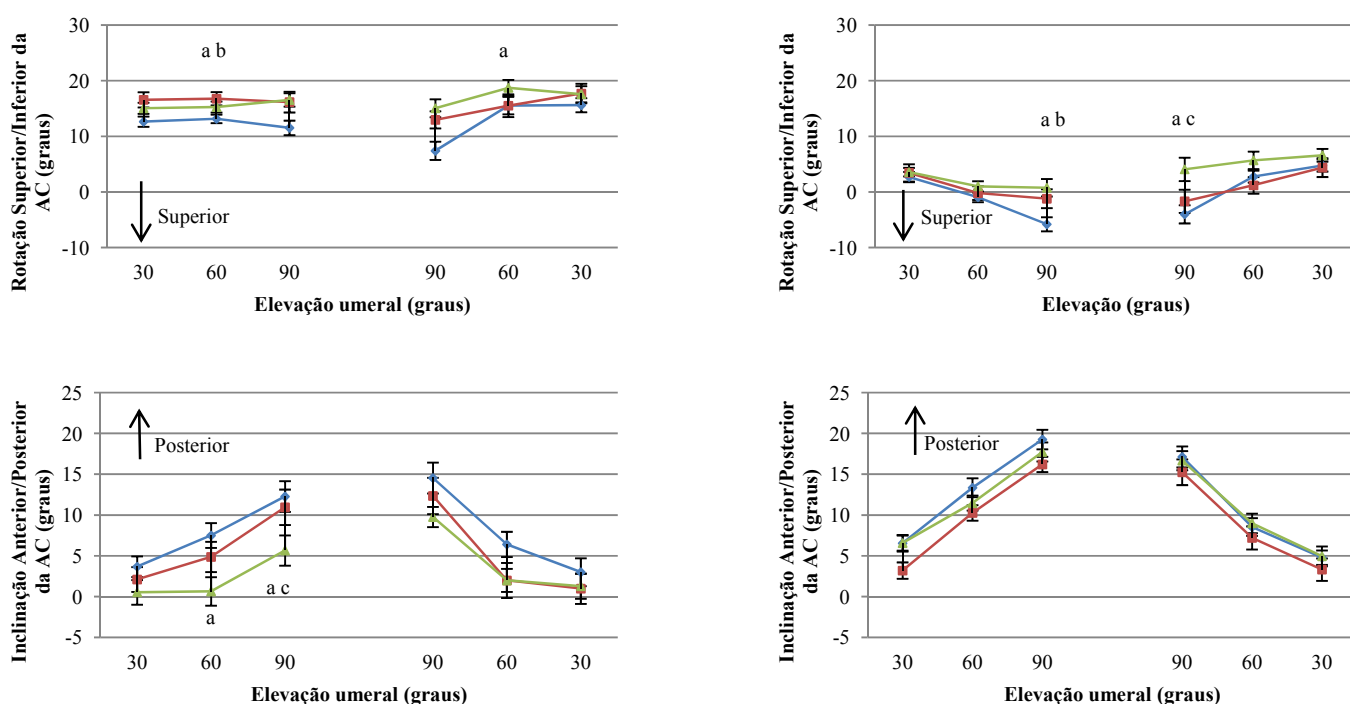


Figura 4 – Média e erro padrão da rotação interna/externa, rotação superior/inferior e inclinação anterior/posterior da articulação AC (em graus) durante as fases ascendente e descendente de elevação umeral nos planos sagital (A) e escapular (B).

Nota: a= diferença entre grupos OAC isolada e controle; b= diferença entre grupos com OAC+DMR e controle; c= diferença entre grupos com OA isolada e OAC+DMR.

A Tabela 6 apresenta as variáveis da cinemática da articulação AC durante as fases ascendente e descendente nos dois planos de movimento para os três grupos. As análises estatísticas indicaram que no plano sagital, durante a fase ascendente, houve diferença entre grupos para a rotação superior/inferior da articulação AC ( $p < 0,01$ ), onde o grupo com OAC isolada apresentou maior rotação superior do que os grupos com OAC+DMR e controle (diferença de  $4,06^\circ$  e  $3,18^\circ$ , respectivamente). Houve interação entre grupos e elevação umeral para os movimentos de inclinação anterior/posterior da articulação AC ( $p = 0,02$ ), cujas comparações pareadas indicaram que a  $60^\circ$  de elevação, o grupo com OAC isolada apresentou maior inclinação posterior comparado ao grupo controle (diferença de  $6,83^\circ$ ) e a  $90^\circ$  de elevação,

os grupos com OAC isolada e OAC+DMR apresentaram maior inclinação posterior do que o grupo controle (diferença de 6,62° e 5,30°, respectivamente).

Durante a fase descendente, houve diferença entre os grupos para o movimento de rotação superior/inferior na articulação AC ( $p=0,01$ ) com o grupo com OAC isolada apresentando maior rotação superior comparado ao grupo controle (diferença de 4,27°). Nenhuma diferença foi identificada entre os grupos para o movimento de inclinação anterior/posterior na articulação AC durante a fase descendente no plano sagital.

No plano escapular, durante a fase ascendente, houve interação entre grupos e elevação umeral para o movimento de rotação superior/inferior na articulação AC ( $p=0,01$ ), cujas comparações pareadas indicaram que a 90° de elevação, o grupo com OAC isolada apresentou maior rotação superior comparado aos grupos com OAC+DMR e controle (diferença de 4,61° e 6,57°, respectivamente). Durante a fase descendente, houve interação entre grupos e elevação umeral para o movimento de rotação superior/inferior na articulação AC ( $p=0,01$ ), cujas comparações pareadas indicaram que a 90° de elevação, os grupos com OAC isolada e OAC+DMR apresentaram maior rotação superior comparado ao grupo controle (diferença de 8,08° e 5,73°, respectivamente).

Nenhuma diferença foi identificada entre os grupos para o movimento de rotação interna/externa na articulação AC durante as fases ascendente ou descendente nos planos sagital ou escapular de movimento.

**Tabela 6.** Rotação interna/externa (I/E), rotação superior/inferior (S/I) e inclinação anterior/posterior (em graus) durante as fases ascendente e descendente de elevação do braço nos planos de movimento sagital e escapular nos três grupos (OAC, OAC+DMR, e controle).

Elevação	Plano sagital						Plano escapular					
	Fase ascendente			Fase descendente			Fase ascendente			Fase descendente		
RotaçãoI/E	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle
30°	60,09 (4,87)	58,18 (8,00)	59,29 (6,72)	63,54 (5,65)	62,98 (8,06)	64,73 (8,92)	59,93 (4,89)	58,89 (5,86)	59,85 (6,70)	60,00 (5,78)	59,33 (7,13)	60,11 (7,65)
60°	63,00 (5,44)	60,00 (8,32)	61,17 (8,17)	63,00 (5,44)	60,00 (8,32)	61,17 (8,17)	63,09 (5,16)	60,56 (6,40)	61,99 (7,84)	62,07 (5,73)	60,80 (8,28)	61,53 (8,98)
90°	63,54 (5,65)	62,98 (8,06)	64,73 (8,92)	60,09 (4,87)	58,18 (8,00)	59,29 (6,72)	64,06 (5,92)	62,06 (7,27)	64,24 (9,47)	62,99 (6,77)	61,28 (7,34)	63,38 (10,07)
RotaçãoS/I	OAC <sup>a,b</sup>	OAC+DMR <sup>b</sup>	Controle <sup>a</sup>	OAC <sup>a</sup>	OAC+DMR	Controle <sup>a</sup>	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle
30°	12,64 (4,51)	16,56 (7,02)	15,04 (5,11)	15,61 (6,24)	17,71 (8,99)	17,58 (7,53)	2,68 (4,48)	3,43 (7,97)	3,57 (4,00)	4,75 (5,32)	4,38 (8,64)	6,58 (6,00)
60°	13,14 (3,74)	16,77 (6,12)	15,27 (5,21)	15,53 (7,66)	15,52 (10,43)	18,73 (7,49)	-0,97 (4,28)	-0,20 (6,34)	1,01 (4,80)	2,75 (5,27)	1,18 (7,70)	5,67 (8,17)
90°	11,53 (6,43)	16,16 (9,52)	16,55 (6,36)	7,40 (7,85)	12,97 (7,98)	15,05 (8,46)	-5,82 (6,27) <sup>c,d</sup>	-1,21 (8,68) <sup>d</sup>	0,76 (8,22) <sup>c</sup>	-4,03 (8,04) <sup>c</sup>	-1,68 (10,70) <sup>f</sup>	4,06 (10,92) <sup>e,f</sup>
Inclinação	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle
30°	3,67 (6,22)	2,11 (7,74)	0,53 (7,87)	3,00 (8,35)	0,98 (9,51)	1,28 (7,97)	6,55 (5,01)	3,20 (5,17)	6,57 (4,79)	4,79 (4,35)	3,32 (7,03)	4,95 (6,35)
60°	7,50 (7,48) <sup>g</sup>	4,87 (9,46)	0,64 (9,07) <sup>g</sup>	6,41 (7,59)	1,99 (10,96)	2,00 (7,35)	13,36 (5,67)	10,27 (4,89)	11,47 (4,79)	8,54 (5,35)	7,20 (7,28)	8,98 (6,22)
90°	12,28 (9,25) <sup>h</sup>	10,96 (11,10) <sup>i</sup>	5,66 (9,66) <sup>h,i</sup>	11,54 (9,27)	12,35 (11,35)	9,77 (6,45)	19,27 (5,91)	16,22 (4,78)	17,74 (6,07)	17,13 (6,37)	15,25 (8,05)	16,67 (6,08)

Os valores estão expressos em média e desvio padrão (DP). Letras iguais indicam diferenças entre grupos.

## **Discussão**

O presente estudo é o primeiro a caracterizar o movimento das articulações ET, EC e AC do complexo do ombro em indivíduos com OAC isolada e associada à DMR. Os resultados indicam que os indivíduos com OAC apresentam alterações na cinemática do ombro durante a elevação do braço, tanto na fase ascendente quanto descendente, e nos planos sagital e escapular do movimento.

Especificamente, quanto às alterações nos movimentos da articulação ET, os participantes com OAC isolada apresentaram maior rotação interna que os controles, e os participantes com OAC+DMR maior rotação superior que os participantes com OAC isolada e controles em ambos os planos de movimento. Quanto aos movimentos na articulação EC, ambos os grupos de participantes com OAC apresentaram menor retração, no plano sagital, que o controle, e o grupo com OAC isolada apresentou menor elevação, no plano escapular, e menor rotação posterior, em ambos os planos de movimento, quando comparado com os demais grupos (OAC+DMR e controle). Para os movimentos da articulação AC, o grupo com OAC isolada apresentou maior rotação superior que os demais grupos, em ambos os planos de movimento, e ambos os grupos com OAC apresentaram maior inclinação posterior, no plano sagital, que o grupo controle.

Essas alterações pode ser devido à patologia da OAC e à DMR, ou podem ser estratégias compensatórias para reduzir a dor ao elevar o braço, uma vez que os participantes com OAC apresentaram maiores níveis de dor durante a elevação do braço e maiores níveis de incapacidade relacionadas à função do ombro. Alternativamente, as alterações na cinemática podem ser a causa da dor e da déficit funcional do ombro desses participantes.

De maneira geral, nossos dados concordam com estudos prévios (Ebaugh e Spinelli, 2010; Ludewig et al., 2009, 2004; Ludewig, Hassett, Laprade, Camargo, e Braman, 2010;



McClure, Bialker, Neff, Williams, e Karduna, 2004; McClure, Michener, Sennett, e Karduna, 2001; McClure et al., 2006; Teece et al., 2008), no que diz respeito ao padrão e a amplitude de movimento em todas as articulações estudadas. Entretanto, houve algumas diferenças em alguns movimentos articulares.

Para a articulação ET, houve diferenças numéricas comparadas a outros estudos (Ebaugh e Spinelli, 2010; Ludewig et al., 2009; McClure et al., 2004, 2001; McClure et al., 2006). Essas diferenças podem ser porque os estudos prévios calcularam os movimentos da articulação ET baseado nos parâmetros originais da Sociedade Internacional de Biomecânica (ISB) que usava a articulação AC como o ponto para determinar o sistema de eixos anatômicos local da escápula. Nós utilizamos os parâmetros atuais da ISB (Wu et al., 2005), que utiliza o ângulo pósterolateral do acrômio para determinar sistema de eixos anatômicos local da escápula. A utilização do ângulo pósterolateral do acrômio resulta em menores rotações interna e superior e maior inclinação posterior da articulação ET quando comparada com a utilização do parâmetro original (articulação AC) (Ludewig et al., 2010). Apesar da comparação com esse estudo (Ludewig et al., 2010) ser limitada porque esse estudo utilizou pinos inseridos no osso ao invés de sensores superficiais, as amplitudes de movimentos verificadas em nosso estudo são similares ao estudo prévio.

Comparando os movimentos articulares entre os grupos, para o movimento de rotação interna da articulação ET, houve algumas diferenças entre fases e planos de movimentos. Durante a fase ascendente, em ambos os planos de movimento, os participantes com OAC isolada apresentaram maior rotação interna comparada aos controles. Entretanto, no plano sagital, a maior rotação interna apenas ocorreu a 30° de elevação do braço, o que pode ser devido a uma alteração estrutural dos participantes com OAC isolada, uma vez que eles apresentaram maior rotação interna (2,1°) na posição neutra que os controles, apesar de não terem sido identificadas

diferenças significativas entre os grupos. A maior rotação interna da articulação ET pode ser um fator gerador de maior compressão na articulação AC, contribuindo para a degeneração desta articulação. Existe evidência de uma maior rotação interna da articulação ET em sujeitos com encurtamento do peitoral menor (Borstad e Ludewig, 2005), nos quais fatores como má postura sentada, aumento da cifose torácica, e o aumento da idade podem estar associados (Endo, Yukata, e Yasui, 2004).

Por outro lado, durante a fase descendente, no plano sagital, houve menor rotação interna da articulação ET em participantes com OAC+DMR comparado aos controles e, no plano escapular, comparado aos participantes com OAC isolada. Essa menor rotação interna ocorreu em altos níveis de elevação umeral (120° de elevação no plano sagital e 90° e 120° de elevação no plano escapular), onde participantes com DMR frequentemente referem arco de movimento doloroso, especialmente durante a fase descendente comparada à ascendente (Borstad e Ludewig, 2002). Assim, essa menor rotação interna nos participantes com OAC+DMR pode ser uma estratégia para evitar a dor nos níveis mais altos de elevação umeral ou esta alteração pode ser relacionada à maior rotação superior apresentada por esses participantes.

A literatura que tem reportado que os participantes com DMR tipicamente apresentam dor entre 60° e 120° de elevação umeral, enquanto que os participantes com OAC isolada apresentam arco doloroso acima de 120° de elevação umeral (Babatunde et al., 2012; Buchberger, 1999; Buttaci et al., 2004; Docimo Jr. et al., 2008). Nossos resultados concordam com esses achados, uma vez que nossos participantes com OAC isolada também apresentaram maior rotação superior na articulação ET do que os controles, no plano sagital a 120° de elevação umeral, o que também pode ser considerada uma estratégia de evitar a dor nesses participantes.

A respeito da inclinação anterior/posterior na articulação ET, resultados contraditórios têm sido reportados, com alguns estudos relatando menor inclinação posterior em participantes

com SIS quando comparado com os controles (Lin, Hsieh, Cheng, Chen, e Lai, 2011; Ludewig et al., 1996), enquanto outro (McClure et al., 2006) relatam maior inclinação posterior. No presente estudo, não encontramos diferenças entre os grupos, o que pode ser devido à idade de nossos participantes, já que a idade é uma característica relacionada a mudanças na cinemática escapular (Endo et al., 2004). Nós avaliamos participantes que estavam entre 23 e 60 anos, e os estudos prévios analisaram participantes em outra faixa etária, ou mais baixa, até 40 anos (Lin et al., 2011; Ludewig et al., 1996), ou mais alta, até 74 anos (McClure et al., 2006).

Na articulação EC, o padrão geral de movimento foi similar a estudos prévios (Ebaugh e Spinelli, 2010; McClure et al., 2004, 2001; McClure et al., 2006). Diferenças numéricas em relação a esses estudos podem ser justificadas devido diferenças metodológicas, uma vez que esses estudos não utilizaram sensor diretamente na clavícula, sendo os movimentos da articulação EC calculados indiretamente por meio do sensor da escápula. Comparando nossos resultados com um estudo que usou sensor na clavícula (Ludewig et al., 2004), podemos verificar o mesmo padrão de movimento em ambos os planos. No entanto, também houve diferenças numéricas, as quais podem ser provenientes da diferente faixa etária do estudo prévio que avaliou participantes entre 20 e 44 anos de idade.

Ainda quanto aos movimentos na articulação EC, nossos resultados indicam diferenças entre os planos de elevação, evidenciadas nos movimentos de retração/protração e elevação/depressão. Para os movimentos de retração/protração, no plano sagital durante ambas as fases de movimento, participantes com OAC apresentaram menor retração do que os controle, e não houve diferença no plano escapular. Já para os movimentos de elevação/depressão, não houve diferença entre os grupos no plano sagital, mas, no plano escapular, os participantes com OAC isolada apresentaram menor elevação que os demais participantes durante ambas as fases de movimento.

A menor retração clavicular pode estar relacionada a maior rotação interna na articulação ET nos participantes com OAC isolada, especialmente nos níveis mais baixos de elevação umeral e na fase descendente, quando as diferenças entre os grupos são maiores. Além disso é importante notar que os participantes com OAC isolada apresentaram menor retração clavicular que os controles durante a posição neutra (diferença de  $3,30^\circ$ ). Já durante o movimento, os participantes com ACO+DMR também apresentaram menor retração clavicular no plano sagital e maior elevação clavicular no plano escapular, o que pode estar associada à maior rotação superior da ET que ocorre nos dois planos de movimento. Com relação aos movimentos de rotação anterior/posterior na articulação EC, não houve diferença entre os planos ou fases do movimento, e os participantes com OAC isolada apresentaram menor rotação posterior que os demais participantes, o que também pode ser relacionada com a sua maior rotação interna na ET.

Com relação aos movimentos da AC, de maneira geral, em participantes com OAC apresentaram rotação interna, rotação superior e inclinação posterior. Nossos resultados apresentaram padrão similar ao de estudos prévios quanto à rotação interna/externa e à inclinação durante a elevação do braço para participantes controles. Entretanto, para os movimentos de rotação superior/inferior da AC, no plano sagital, nossos participantes controles apresentaram rotação inferior durante a posição neutra, a qual aumentou durante o movimento, na fase ascendente. Estes resultados são diferentes de um estudo prévio (Ludewig et al., 2009), o qual reportou rotação superior da AC durante a elevação do braço. Por outro lado, no plano escapular, o padrão de movimento foi de aumento da rotação superior em todos os grupos, similar a literatura (Ludewig et al., 2009; Teece et al., 2008).

Quando analisamos o movimento da articulação AC entre os grupos, no plano sagital, o grupo com OAC isolada apresentou maior rotação superior do que os outros dois grupos, mesmo mais que participantes com OAC+DMR, e ambos os grupos com OAC apresentaram maior

inclinação posterior que o grupo controle, na fase ascendente. Por outro lado, no plano escapular, ambos os grupos com OAC apresentaram maior rotação superior do que o grupo controle no nível mais alto de elevação umeral (90°) e nenhuma diferença para a inclinação. Esta maior rotação superior e inclinação posterior da AC nos grupos com OAC pode ser entendida como o maior movimento da AC, que pode ser uma das causas da osteoartrose.

Entretanto, no plano sagittal, os participantes com OAC isolada apresentaram maior rotação superior que os com OAC+DMR, isso pode ser porque os participantes com OAC+DMR apresentam pelo menos outra condição adicional à OAC, e devem adotar estratégias para evitar a dor, por meio de compensações em outras articulações, e assim, diminuir a rotação superior na AC. Diferente da articulação ET, nós não encontramos diferenças entre os grupos para a rotação interna/externa na articulação AC, o que pode ocorrer devido compensações em outras articulações e movimentos.

Este estudo tem uma importante relevância clínica para a reabilitação, pois proporciona melhor entendimento acerca dos movimentos nas articulações ET, EC e AC do complexo do ombro em condições patológicas específicas de OAC isolada e associada à DMR. Técnicas de reabilitação que visem restaurar o controle neuromuscular e a flexibilidade a fim de normalizar os movimentos articulares podem levar a redução da dor e a diminuição das incapacidades associadas. Especialmente, em participantes com OAC, é importante evitar a adução horizontal, uma vez que esse movimento aumenta a rotação interna da escápula relativa à clavícula (Ludewig et al., 2009), e enfatizar os exercícios que facilitem a rotação externa da articulação ET. De maneira geral, exercícios globais de fortalecimento dos músculos estabilizadores da escápula são o foco principal. A maior rotação superior na ET pode representar uma resposta compensatória para a fraqueza da musculatura glenoumeral ou rigidez na articulação glenoumeral ou uma tentativa de reduzir o impacto subacromial direto (McClure et al., 2006) em

participantes com OAC+DMR, e estratégias de fortalecimento e controle motor dos músculos dos músculos glenomerais e estabilizadores da escápula devem ser o foco principal.

Excessiva elevação e retração clavicular pode estar associada à alta ativação do trapézio superior (Phadke, Camargo, e Ludewig, 2009), podendo o alongamento ou técnicas de relaxamento para trapézio superior serem importante. Além disso, deve-se avaliar a flexibilidade dos músculos peitoral maior, que atua na protração clavicular, e o peitoral menor, que atua na rotação interna da escápula, e se necessário, realizar um protocolo de alongamento dessas musculaturas (Ludewig e Braman, 2011). Essas estratégias devem alterar o posicionamento e o movimento das articulações, diminuir a dor, e melhorar a qualidade dos movimentos globais e a função dos membros superiores.

Este estudo apresenta algumas limitações. Nós avaliamos uma grande faixa etária de participantes, o que pode ter aumentado a variabilidade dos nossos resultados. Apesar disso, nosso estudo foi capaz de identificar diferenças estatística e clinicamente significativas. Outra limitação é que nós não avaliamos as diferenças entre fases e planos de movimento, uma vez que nosso objetivo era apenas caracterizar os movimentos articulares dos três grupos nas diferentes fases e planos.

## **Conclusão**

Os participantes com OAC apresentaram padrão de movimento similar aos controles e a estudos prévios. Entretanto, houve algumas diferenças entre os grupos, em fases e planos específicos de movimento. Participantes com OAC isolada e associada à DMR apresentaram maior rotação superior da ET, menor retração clavicular e maior inclinação posterior na AC que participantes controle. Além disso, participantes com OAC isolada apresentaram mais algumas alterações, como maior rotação interna da ET, menor elevação e rotação posterior clavicular, e

maior rotação superior e inclinação posterior na AC que os controles. Nós também encontramos algumas diferenças entre participantes com OAC isolada e OAC+DMR, as quais podem ser associadas à coexistência de condições patológicas, que podem exacerbar as alterações cinemáticas. Assim, mais estudos são necessários para esclarecer essas alterações.

## Referências

- Babatunde, O. M., Kim, H. M., Desandis, B. a, Rogers, C. E., & Levine, W. N. (2012). A physician's guide to the physical examination of the shoulder. *The Physician and sportsmedicine*, 40(1), 91–101.
- Borstad, J. D. (2006). Resting position variables at the shoulder: evidence to support a posture - impairment association. *Physical therapy*, 86(4), 549–557.
- Borstad, J. D., & Ludewig, P. M. (2005). The Effect of Long Versus Short Pectoralis Minor Resting Length on Scapular Kinematics in Healthy Individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 35, 227–238.
- Borstad, John D, & Ludewig, P. M. (2002). Comparison of scapular kinematics between elevation and lowering of the arm in the scapular plane. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 17(9-10), 650–9.
- Brown, J. N., Roberts, S. N. J., Hayes, M. G., & Sales, A. D. (2000). Shoulder pathology associated with symptomatic acromioclavicular joint degeneration. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 9, 173–176.
- Buchberger, D. J. (1999). Introduction of a new physical examination procedure for the differentiation of acromioclavicular joint lesions and subacromial impingement. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 22(5), 316–21.
- Buttaci, C. J., Stitik, T. P., Yonclas, P. P., & Foye, P. M. (2004). Osteoarthritis of the Acromioclavicular Joint. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 83(10), 791–797.
- Chen, A. L., Rokito, A. S., & Zuckerman, J. D. (2003). The role of the acromioclavicular joint in impingement syndrome. *Clinics in Sports Medicine*, 22(2), 343–357.
- Chronopoulos, E., Park, H. B., Ashenbrenner, D., & McFarland, E. G. (2004). Diagnostic Value of Physical Tests for Isolated Chronic Acromioclavicular Lesions. *American Journal of Sports Medicine*, 32(3), 655–661.

- Clarke, H. D., & Mccann, P. D. (2000). Acromioclavicular Joint Injuries. *Conservative Management of Shoulder Injuries*, 31(2), 177–187.
- De Abreu, M. R., Chung, C. B., Wessely, M., Jin-Kim, H., & Resnick, D. (2005). Acromioclavicular joint osteoarthritis: comparison of findings derived from MR imaging and conventional radiography. *Clinical imaging*, 29(4), 273–7.
- Diederichsen, L. P., Nørregaard, J., Dyhre-Poulsen, P., Winther, A., Tufekovic, G., Bandholm, T., Krogsgaard, M. (2009). The activity pattern of shoulder muscles in subjects with and without subacromial impingement. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 19(5), 789–99.
- Docimo Jr., S., Kornitsky, D., Futterman, B., & Elkowitz, D. E. (2008). Surgical treatment for acromioclavicular joint osteoarthritis: patient selection, surgical options, complications, and outcome. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 1(2), 154–60.
- Ebaugh, D. D., & Spinelli, B. A. (2010). Scapulothoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 20(2), 199–205.
- Endo, K., Yukata, K., & Yasui, N. (2004). Influence of age on scapulo-thoracic orientation. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 19(10), 1009–13.
- Gerber, C., Galantay, R. V, & Hersche, O. (1998). The pattern of pain produced by irritation of the acromioclavicular joint and the subacromial space. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 7(4), 352–5.
- Hung, C.-J., Jan, M.-H., Lin, Y.-F., Wang, T.-Q., & Lin, J.-J. (2010). Scapular kinematics and impairment features for classifying patients with subacromial impingement syndrome. *Manual therapy*, 15(6), 547–51.
- Kelly, S. M., Brittle, N., & Allen, G. M. (2010). The value of physical tests for subacromial impingement syndrome: a study of diagnostic accuracy. *Clinical rehabilitation*, 24(2), 149–58.
- Lemos, M. J., & Tolo, E. T. (2003). Complications of the treatment of the acromioclavicular and sternoclavicular joint injuries, including instability. *Clinics in Sports Medicine*, 22(2), 371–385.
- Lin, J., Hsieh, S.-C., Cheng, W.-C., Chen, W. C., & Lai, Y. (2011). Adaptive patterns of movement during arm elevation test in patients with shoulder impingement syndrome. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 29(5), 653–7.



- Littell, R. C., Pendergast, J., & Natarajan, R. (2000). TUTORIAL IN BIOSTATISTICS Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. *Statistics in Medicine*, 19(July 1998), 1793–1819.
- Ludewig, P M, Cook, T. M., & Nawoczenski, D. A. (1996). Three-dimensional scapular orientation and muscle activity at selected positions of humeral elevation. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 24(2), 57–65.
- Ludewig, P., & Cook, T. (2000). Alterations in Shoulder Kinematics and Associated Muscle Activity in People With. *Physical Therapy*, 80(3), 276–291.
- Ludewig, P. M., Behrens, S. A., Meyer, S. M., Spoden, S. M., & Wilson, L. A. (2004). Three-Dimensional Clavicular Motion During Arm Elevation: Reliability and Descriptive Data. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 34, 140–149.
- Ludewig, P. M., & Braman, J. P. (2011). Shoulder Impingement: Biomechanical Considerations in Rehabilitation. *Manual Therapy*, 16(1), 33–39.
- Ludewig, P. M., Hassett, D. R., Laprade, R. F., Camargo, P. R., & Braman, J. P. (2010). Comparison of scapular local coordinate systems. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 25(5), 415–21.
- Ludewig, P. M., Phadke, V., Braman, J. P., Hassett, D. R., Cieminski, C. J., & LaPrade, R. F. (2009). Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 91(2), 378–89.
- McClure, P. W., Bialker, J., Neff, N., Williams, G., & Karduna, A. (2004). Shoulder function and 3-dimensional kinematics in people with shoulder impingement syndrome before and after a 6-week exercise program. *Physical therapy*, 84(9), 832–48.
- McClure, P. W., Michener, L. A., Sennett, B. J., & Karduna, A. R. (2001). Direct 3-dimensional measurement of scapular kinematics during dynamic movements in vivo. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 10(3), 269–77.
- McClure, P. W., Michener, L. A., & Karduna, A. R. (2006). 3-Dimensional Scapular Kinematics in. *Physical Therapy*, 86(8), 1074–1090.
- Mehrberg, R. D., Lobel, S. M., & Gibson, W. K. (2004). Disorders of the acromioclavicular joint. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 15(3), v, 537–55.
- Naredo, E., Aguado, P., De Miguel, E., Uson, J., Mayordomo, L., Gijon-Baños, J., & Martín-Mola, E. (2002). Painful shoulder: comparison of physical examination and ultrasonographic findings. *Annals of the rheumatic diseases*, 61(2), 132–6.
- Orfale, A. G., Araújo, P. M. P., Ferraz, M. B., & Natour, J. (2005). Translation into Brazilian Portuguese, cultural adaptation and evaluation of the reliability of the Disabilities of the

- Arm, Shoulder and Hand Questionnaire. *Brazilian journal of medical and biological research*, 38(2), 293–302.
- Petron, D. J., & Hanson, R. W. (2007). Acromioclavicular joint disorders. *Current sports medicine reports*, 6(5), 300–6.
- Phadke, V., Camargo, P., & Ludewig, P. (2009). Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Revista brasileira de fisioterapia*, 13(1), 1–9.
- Puga, V. O. D. O., Lopes, A. D., Shiwa, S. R., Alouche, S. R., & Costa, L. O. P. (2013). Clinimetric testing supports the use of 5 questionnaires adapted into brazilian portuguese for patients with shoulder disorders. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 43(6), 404–13.
- Rios, C. G., & Mazzocca, A. D. (2008). Acromioclavicular joint problems in athletes and new methods of management. *Clinics in sports medicine*, 27(4), 763–88.
- Sabeti-Aschraf, M., Lemmerhofer, B., Lang, S., Schmidt, M., Funovics, P. T., Ziai, P., Schueller-Weidekamm, C. (2011). Ultrasound guidance improves the accuracy of the acromioclavicular joint infiltration: a prospective randomized study. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*, 19(2), 292–5.
- Strobel, K., Pfirrmann, C. W. A., Zanetti, M., Nagy, L., & Hodler, J. (2003). MRI features of the acromioclavicular joint that predict pain relief from intraarticular injection. *AJR. American journal of roentgenology*, 181(3), 755–60.
- Teece, R. M., Lunden, J. B., Lloyd, A. S., Kaiser, A. P., Cieminski, C. J., & Ludewig, P. M. (2008). Three-dimensional acromioclavicular joint motions during elevation of the arm. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 38(4), 181–90.
- Terry, G. C., & Chopp, T. M. (2000). Functional anatomy of the shoulder. *Journal of athletic training*, 35(3), 248–55.
- Timmons, M. K., Thigpen, C. A., Seitz, A. L., Karduna, A. R., Arnold, B. L., & Michener, L. A. (2012). Scapular kinematics and subacromial-impingement syndrome: a meta-analysis. *Journal of sport rehabilitation*, 21(4), 354–70.
- Van Riet, R. P., & Bell, S. N. (2011). Clinical evaluation of acromioclavicular joint pathology: sensitivity of a new test. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 20(1), 73–6.
- Wu, G., van der Helm, F. C. T., Veeger, H. E. J., Makhsous, M., Van Roy, P., Anglin, C., Buchholz, B. (2005). 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*, 38(5), 981–992.

Yang, J.-L., Lu, T.-W., Chou, F.-C., Chang, C.-W., & Lin, J.-J. (2009). Secondary motions of the shoulder during arm elevation in patients with shoulder tightness. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 19(6), 1035–42.

### **3 Estudo 2 - Movimento do complexo do ombro em indivíduos com osteoartrose acromioclavicular isolada e associada a disfunção do manguito rotador: Parte 2 – Atividade muscular**

Catarina de Oliveira Sousa<sup>a</sup>, Lori A Michener<sup>b</sup>, Ivana Leão Ribeiro<sup>a</sup>, Rodrigo Bezerra de Menezes Reiff<sup>c</sup>, Paula Rezende Camargo<sup>a</sup>, Tania Fátima Salvini<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

<sup>b</sup>Departamento de Fisioterapia, *Virginia Commonwealth University*, Richmond, VA, EUA

<sup>c</sup>Departamento de Medicina, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil

#### **Resumo**

O objetivo deste estudo foi comparar a atividade muscular de indivíduos com osteoartrose na articulação acromioclavicular (OAC) isolada, OAC associada à DMR (OAC+DMR) e controles. 74 indivíduos participaram deste estudo (23 com OAC isolada, 25 com OAC+DMR, e 26 controles). Dor e função foram avaliadas com o *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) e a cinemática tridimensional do ombro e eletromiografia superficial foram coletadas, e sincronizadas por meio do *software MotionMonitor*. Os músculos trapézio superior (TS), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltóide anterior (DA) foram avaliados durante a elevação do braço (fases ascendente e descendente), no planos sagital e escapular. A dor durante a elevação do braço foi avaliada com a escala numérica de 0-10. As Análises estatísticas para o DASH, dor e cinemática foram reportadas na parte 1 deste estudo. Para cada músculo durante a contração isométrica voluntária máxima foi realizada uma ANOVA *one-way*, e para cada músculo durante o movimento, uma análise de variância de modelo misto linear com medidas repetidas foi realizada para cada fase e plano. Grupo com ACO+DMR apresentou maior atividade do TS do que grupos com OAC isolada e controles, e maior atividade do DA do que o grupo com OAC isolada durante a fase descendente, e maior atividade do DA do que grupos com OAC isolada e controles durante a fase descendente em ambos os planos de movimento. Grupo com OAC isolada apresentou menor atividade de SA do que o grupo controle apenas durante a fase ascendente no plano sagital. A OAC está relacionada com a alterada atividade muscular do ombro, especialmente indivíduos com OAC+DMR, e a maioria das alterações foram identificadas em ambos os planos de movimento.

**Palavras-chave:** dor no ombro; movimento; eletromiografia; biomecânica

## **Introdução**

As condições degenerativas da articulação acromioclavicular (AC) são uma causa comum de dor no ombro (Babatunde, Kim, Desandis, Rogers, e Levine, 2012; Brown, Roberts, Hayes, e Sales, 2000; Buttaci, Stitik, Yonclas, e Foye, 2004). Devido à proximidade entre a superfície inferior da articulação AC e a bursa subacromial e tendões do manguito rotador, a osteoartrose na AC (OAC) é frequentemente associada às disfunções do manguito rotador (DMR) (Brown et al., 2000; Buchberger, 1999; Buttaci et al., 2004; Chen, Rokito, e Zuckerman, 2003; Clarke e Mccann, 2000; Lemos e Tolo, 2003; Rios e Mazzocca, 2008), sendo seus sintomas similares (Babatunde et al., 2012; Buttaci et al., 2004).

A elevação umeral resulta da ativação muscular gerada pelo deltóide. Já início da elevação, a linha de ação do deltóide resulta em uma força que causa maior translação superior do úmero que a força rotatória necessária para elevá-lo (Myers, Hwang, Pasquale, Blackburn, e Lephart, 2009). O manguito rotador proporciona uma estabilidade mecânica da articulação por meio da compressão da cabeça umeral dentro da fossa glenóide durante o movimento da extremidade superior, o que é importante para o desenvolvimento de atividades funcionais normais (Wilk e Arrigo, 1993). Pacientes com DRM apresentam uma tendência de aumentada translação superior da cabeça umeral que pode ser atribuída não apenas ao aumento da ativação do deltóide, mas também a uma deficiente habilidade compressiva por parte manguito rotador (Myers et al., 2009). Assim, qualquer condição patológica do manguito rotador pode afetar a sua habilidade de proporcionar essa força compressiva, resultando em maior translação superior da cabeça umeral, e subsequentemente, impacto contra o acrômio (Sharkey e Marder, 1995).

Há evidências que indivíduos com DMR apresentam alterações na cinemática e atividade muscular do ombro (Chester, Smith, Hooper, e Dixon, 2010; Diederichsen et al., 2009; Hung, Jan, Lin, Wang, e Lin, 2010; Ludewig e Cook, 2000; McClure, Michener, e Karduna, 2006;

Timmons et al., 2012). Não se sabe se essas alterações na ativação muscular são presentes antes dos indivíduos desenvolverem a dor no ombro, o que contribui para o risco de impacto, ou se as alterações na ativação muscular são resultado da DMR (Myers et al., 2009).

A escápula é a base da articulação glenoumeral, e mudanças no recrutamento dos músculos escapulares podem afetar muitos aspectos da função normal do ombro (Kibler, 2006). Tem sido observado que em pacientes com disfunções no ombro, durante a elevação do braço, há uma diminuição da ativação do serrátil anterior e aumentada ativação do trapézio superior (Diederichsen et al., 2009; Hung et al., 2010; Lin et al., 2006; Ludewig e Cook, 2000; Phadke, Camargo, e Ludewig, 2009). Alguns estudos descrevem uma aumentada ativação eletromiográfica do trapézio superior associada a uma diminuição de ativação dos trapézios médio e inferior e do serrátil anterior em indivíduos com DMR, e de maneira oposta, outros tem reportado aumentada ativação tanto do trapézio superior quanto do trapézio inferior numa tentativa de compensar a diminuição da ativação do serrátil anterior, em indivíduos com DMR comparado com indivíduos saudáveis assintomáticos (Page, 2011). Por outro lado, (Lin et al., 2005) avaliaram indivíduos com vários tipos de disfunção no ombro e encontraram diminuição da ativação do serrátil anterior e aumentada ativação do trapézio superior sem nenhuma alteração na ativação do trapézio inferior quando comparado aos normais.

Não se sabe se a presença de OAC contribui para alterações na cinemática e atividade muscular e incapacidades vistas na condição de DMR. Não há estudos que reportem se as alterações na atividade muscular apresentadas em indivíduos com DMR são similares em indivíduos com OAC, sendo importante identificar as alterações na atividade muscular associadas à OAC, a fim de auxiliar na tomada de decisão para o tratamento de restauração da força e da coordenação muscular.

Assim, o objetivo deste estudo foi descrever a atividade muscular do trapézio superior, trapézio inferior, serrátil anterior e deltóide anterior, durante as fases ascendente e descendente da elevação do braço em dois planos de movimento (sagital e escapular) em indivíduos com OAC isolada e associada à DMR, e comparar com sujeitos saudáveis e assintomáticos.

## **Metodologia**

### Participantes

Inicialmente, 146 indivíduos, com queixa primária de dor no ombro e que estavam a procura de tratamento fisioterapêutico, foram avaliados de acordo com os critérios de elegibilidade para a participação neste estudo. Todos os indivíduos estavam entre 18 e 60 anos de idade, com índice de massa corporal (IMC) abaixo de 28 e com um período maior que 6 meses sem participar de nenhum programa de tratamento fisioterapêutico ou de alongamento, fortalecimento ou exercícios de resistência específicos para os membros superiores.

A avaliação inicial, realizada por uma fisioterapeuta com 7 anos de experiência, consistiu de registro dos dados pessoais e demográficos, coleta da história clínica, e exame físico. De acordo com os critérios de inclusão e exclusão descritos na parte 1 deste estudo, 54 indivíduos foram excluídos após a avaliação inicial e 92 foram encaminhados aos exames de imagem, raio-x Zanca view e ultrassonografia (US) do ombro. A partir dos exames de imagem, 48 indivíduos foram incluídos e classificados em dois grupos: um 23 indivíduos com OAC isolada, uma vez que seus exames de US não identificaram nenhuma alteração nos tendões do manguito rotador e bíceps ou apenas detectaram bursite subacromial e/ou subdeltóidea; e outro com 25 indivíduos com OAC associada à DMR (grupo OAC+DMR).

Além desses, 26 indivíduos assintomáticos sem patologia ou distúrbios no ombro, considerados controle, foram pareados de acordo com o gênero, idade (+/- 5 anos) e IMC (+/-2)

com os indivíduos com ACO; avaliados quanto aos critérios de elegibilidade pela mesma fisioterapeuta, e nenhum deles apresentou nenhum dos critérios de inclusão e exclusão.

Assim, 74 indivíduos participaram deste estudo, e suas informações gerais estão descritas na Tabela 1. Todos os sujeitos foram instruídos sobre o estudo, o qual foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos e conduzido de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, concordando com sua participação no estudo.

**Tabela 1.** Informações gerais dos participantes

Características	OAC isolada (n=23)	OAC+DMR (n=25)	Controle (n=26)	Teste and P
Idade (anos)	42,78±11,74	48,16±8,69	45,81±8,68	H(2)=4,5;P=0,11
Gênero	15 M; 8 F	13 M; 12 F	13 M; 13 F	H(2)=1,3;P=0,52
Estatura (m)	1,72±1,2	16,6±1,0	16,6±0,8	F(2)=3,2;P=0,05
Massa (kg)	75,21±14,17	70,18±9,67	66,27±9,32	H(2)=5,8;P=0,05
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,05±2,17	25,28±2,36	24,10±2,49	F(2)=1,8;P=0,17
Afetado/Membro testado	11D; 12ND	18 D; 7 ND	17 D; 9 ND	H(2)=3,1;P=0,21

Nota: M = masculino; F = feminino; D = dominante; ND = não-dominante; F = Anova *one-way*; H = *Kruskal-Wallis*

## Procedimentos

De acordo com a parte 1 deste estudo, os participantes foram avaliados quanto a dor e função com a versão brasileira do questionário *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand* (DASH) (Orfale, Araújo, Ferraz, e Natour, 2005) e avaliados quanto à cinemática tridimensional do ombro, com o sistema de rastreamento eletromagnético *Flock of Birds* (*Ascension Technologies*, Burlington, VT) associado ao *software MotionMonitor* (*Innovate Sports Training*, Chicago, IL), e à atividade muscular, com eletromiografia superficial descrita abaixo, sincronizadas usando o *software MotionMonitor* (*Innovative Sports Training*, Chicago, IL).



Os participantes realizaram a elevação do braço (fases ascendente e descendente) nos planos de movimento sagital e escapular. A ordem do plano a ser avaliado foi escolhida aleatoriamente. Apenas o ombro sintomático foi avaliado para os indivíduos com OAC, e para os indivíduos controle, o ombro avaliado foi escolhido aleatoriamente. Foram realizadas três elevações do ombro em cada plano. Após cada movimento de elevação do braço, nos planos sagital e escapular, a dor foi avaliada com a escala de numérica de avaliação da dor (0-10).

#### Avaliação eletromiográfica – instrumentação e coleta dos dados

Os dados da eletromiografia superficial (EMG) foram coletados com o sistema de eletromiografia Bagnoli-8 (DelSys<sup>®</sup>, Boston, USA) sincronizado com o *software MotionMonitor*. Quatro músculos foram avaliados: trapézio superior (TS), trapézio inferior (TI), serrátil anterior (SA) e deltóide anterior (DA). O sinal eletromiográfico foi coletado a uma frequência de 2.000 Hz/canal, usando para cada músculo um sensor duplo-diferencial ativo (modelo #DE-3.1, DelSys<sup>®</sup>, Boston, USA) produzido de prata pura (99,9%) com três barras paralelas com 10 mm de espaço entre elas e afixados à pele a partir de um adesivo dupla-face (DelSys<sup>®</sup>, Boston, USA). O sinal foi pré-amplificado usando um amplificador com impedância de entrada de  $> 10^{15} \Omega$  em paralelo, modo de rejeição comum (RRMC) de 92 dB, com 0,2 pF, ganho de voltagem de 10, e ruído de 1,2  $\mu\text{V}$  (RMS).

Para o músculo TS, o sensor foi posicionado em um ponto 2 cm distal a partir do ponto médio da linha formada entre o processo espinhoso da sétima vértebra cervical ao ângulo acromial (Ekstrom, Soderberg, e Donatelli, 2005; Jensen, Vasseljen, e Westgaard, 1993, 1996; McLean, Chislett, Keith, Murphy, e Walton, 2003; Westgaard, Mork, Lorås, Riva, e Lundberg, 2013). Para o TI, o sensor foi posicionado medial ao ângulo inferior da escápula e lateral ao processo espinhoso da sétima vértebra torácica (Tucker, Armstrong, Gribble, Timmons, e Yeasting, 2010). Para o SA, o ombro foi abduzido a 90° e o sensor foi posicionado na linha

média axilar no nível do sétimo espaço intercostal, anterior as fibras do grande dorsal (Ekstrom et al., 2005). Para o DA, o eletrodo foi posicionado entre 2 a 4 cm, no ventre muscular, abaixo do acrômio na face ântero-lateral do ombro (Fischer, Belbeck, e Dickerson, 2010). Um eletrodo de referência foi posicionado no processo estilóide da ulna no antebraço ipsilateral. Antes da colocação dos eletrodos, a pele das regiões delimitadas foi tricotomizada e limpa com álcool (Diederichsen et al., 2009).

Para obter a contração voluntária isométrica máxima (CIVM) de cada músculo testado, os participantes foram submetidos a duas contrações resistidas manuais em posições específicas. Para os músculos TS, DA e SA, os participantes estavam sentados com o ombro flexionado a 90°, em posição de rotação neutra neutra e cotovelo estendido. Para os músculos trapézio superior e deltóide anterior, os participantes foram instruídos a elevar o braço acima de 90° enquanto uma resistência manual foi aplicada na região distal do braço contra a direção do movimento, e para o serrátil anterior, os participantes foram instruídos a protrair a escápula com o cotovelo estendido e a mão fechada contra uma resistência manual que foi aplicada na mão do participante na direção do eixo longitudinal do úmero (Ekstrom et al., 2005). Para o músculo TI, os participantes estavam em posição prona com o ombro abduzido a 90° e foram instruídos a abduzir horizontalmente o ombro contra uma resistência aplicada na parte distal do braço, acima do cotovelo (Larsen, Søgaaard, Chreiteh, Holtermann, e Juul-Kristensen, 2013).

Durante os testes na posição sentada, os participantes foram instruídos a sentarem com a postura ereta (Ekstrom et al., 2005) e foi permitido o apoio contra o encosto. Os participantes desenvolveram duas tentativas de três segundos para cada músculo (Lin et al., 2006). A fim de evitar a fadiga, foi permitido um período de repouso de 30 segundos entre as tentativas. Em seguida, os participantes realizaram três elevações do braço nos dois planos de movimento (sagital e escapular), de acordo como descrito na parte 1 deste artigo.

### Processamento e redução dos dados

Os sinais eletromiográficos foram amostrados em 2.000 Hz, com um ganho de 1.000 e filtrados a uma frequência passa-banda de 20-450 Hz pelo *software MotionMonitor*. Os dados brutos foram retificados, filtrados com um filtro *Butterworth notch filter* de 3ª ordem para 60 Hz, e suavizados usando um algoritmo de raiz quadrada da média (RMS) com uma janela móvel de 50-milissegundos, usando o *software Matlab*. Para a normalização, nós usamos uma média das duas tentativas da CIVM. Assim, a atividade eletromiográfica durante o movimento foi normalizada como uma porcentagem do valor mais alto produzido pelo músculo durante a CIVM (os valores eletromiográficos durante o movimento foram divididos pelos maiores valores da CIVM e multiplicados por 100) e referida como porcentagem da CIMV (% CIVM).

A atividade muscular foi determinada para cada tentativa de elevação do braço (ascendente e descendente fases) a partir de 30° de elevação umeral e com incrementos de 30°: 30°-60°, 60°-90°, 90°-120° e 120°-90°, 90°-60°, 60°-30°). As médias entre as três elevações nos dois planos de movimento foram calculadas para a análise dos dados.

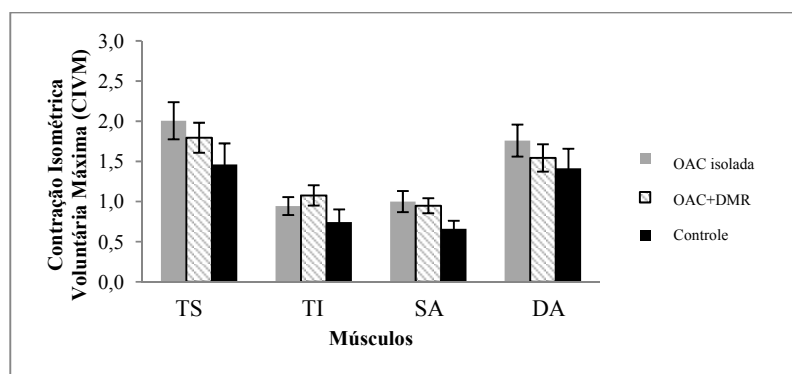
### Análise estatística dos dados

Média e desvio padrão foram calculados para todos os dados demográficos e variáveis dependentes. Para o DASH, a dor em cada plano de movimento e os dados da cinemática, as análises estatísticas foram realizadas de acordo com o descrito na parte 1 deste estudo. Uma análise de variância (ANOVA) foi conduzida para cada músculo durante a CIVM, usando grupos como fator. Para a atividade eletromiográfica de cada músculo durante o movimento, uma análise de variância de modelo misto linear (ANOVA *2-way linear mixed-model*) com medidas repetidas foi realizada para cada fase de movimento (ascendente e descendente) e plano de elevação (sagital e escapular), tendo como fator principal os grupos e fator de repetição os intervalos de elevação umeral. As comparações de interesse foram as de fator principal ou as

interações entre grupos e elevação umeral. O tipo de covariância para medidas repetidas foi selecionado baseado no critério de informação de Akaike (AIC) que é um índice de ajuste relativo do modelo de covariância (Littell, Pendergast, e Natarajan, 2000). Um nível de significância de 0,05 foi adotado para todos os testes estatísticos, e testes *post hoc* por comparações aos pares foram realizadas com um ajuste de Bonferroni. Todas as análises foram desenvolvidas usando o SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## Resultados

Os resultados do DASH, da dor durante a elevação do braço e da cinemática tridimensional do ombro foram apresentados na parte 1 desse artigo. Sobre os dados da eletromiografia, de acordo com a Figura 1, não houve diferença entre os grupos na CIVM para nenhum dos músculos avaliados: TS ( $p=0,261$ ), TI ( $p=0,077$ ), SA ( $p=0,067$ ) e DA ( $p=0,497$ ).



**Figura 1** – Média e erro padrão para o TS, TI, SA e DA durante a CIVM.

A Tabela 2 apresenta os valores da atividade eletromiográfica normalizada, expressa como porcentagem da CIVM (% CIVM) durante os três intervalos de elevação umeral nas fases ascendente e descendente e nos planos sagital e escapular do movimento nos três grupos.

No plano sagital de elevação umeral, durante a fase ascendente, os participantes com OAC+DMR apresentaram maior ativação do TS do que os controles ( $p=0,01$  e diferença de 11,72%) e maior ativação do DA do que os participantes com OAC isolada ( $p=0,03$  e diferença de 9,99%). Os participantes com OAC isolada apresentaram menor ativação do SA do que os controles ( $p=0,03$  e diferença de 7,63%).

Durante a fase descendente, os participantes com OAC+DMR apresentaram maior ativação do TS do que os com OAC isolada ( $p=0,01$  e diferença de 9,30%) e controles ( $p=0,01$  e diferença de 8,32%). Participantes com OAC+DMR também apresentaram maior ativação do DA do que os com OAC isolada ( $p<0,01$  e diferença de 13,35%) e controles ( $p<0,01$  e diferença de 13,10%).

No plano escapular, durante a fase ascendente de movimento, os participantes com OAC+DMR apresentaram maior ativação de TS do que os participantes com OAC isolada ( $p<0,01$  e diferença de 6,59%) e controles ( $p<0,01$  e diferença de 8,27%), e maior ativação de DA do que os participantes com OAC isolada ( $p=0,03$  e diferença de 11,93%).

Durante a fase descendente, os participantes com OAC+DMR apresentaram maior ativação do TS do que os participantes com OAC isolada ( $p<0,01$  e diferença de 6,03%) e controles ( $p<0,01$  e diferença de 5,98%). Os participantes com OAC+DMR também apresentaram maior ativação do DA do que os participantes com OAC isolada ( $p=0,01$  e diferença de 13,04%) e controles ( $p=0,01$  e diferença de 11,65%).

Não houve diferença entre os grupos para a ativação dos TI durante nas fases ascendente e descendente em nenhum dos dois planos de movimento.

A Figura 2 apresenta a ativação eletromiográfica dos TS, TI, SA e DA durante a elevação do braços planos sagital (A) e escapular (B).

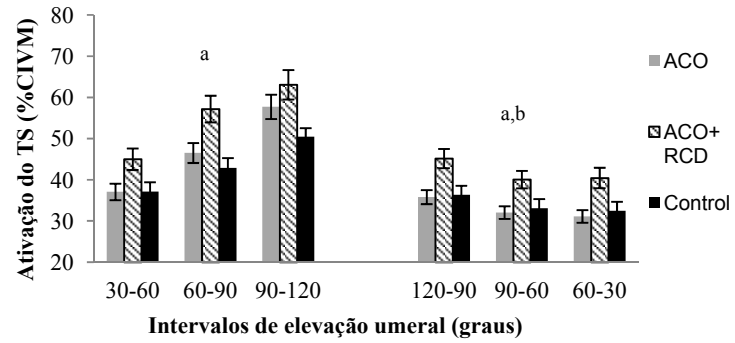
**Tabela 2** – Atividade eletromiográfica normalizada pela CIVM (% CIVM) durante os três intervalos de elevação umeral nas fases ascendente e descendente nos planos sagital e escapular nos três grupos (OAC, OAC+DMR, e Controle) de participantes (n=74).

Intervalos	Plano sagital						Plano escapular					
	Ascendente			Descendente			Ascendente			Descendente		
TS	OAC	OAC+DMR <sup>a</sup>	Controle <sup>a</sup>	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC <sup>b</sup>	OAC+DMR <sup>a,b</sup>	Controle <sup>a</sup>	OAC <sup>b</sup>	OAC+DMR <sup>a,b</sup>	Controle <sup>a</sup>
30-60°	37,07 (9,18)	45,01 (12,81)	37,12 (11,24)	31,12 (6,87)	40,45 (12,16)	32,46 (10,97)	40,83 (11,69)	47,11 (12,17)	39,70 (13,44)	30,33 (6,44)	38,60 (10,37)	32,88 (11,24)
60-90°	46,52 (11,31)	57,18 (15,87)	42,89 (11,73)	32,05 (6,91)	40,06 (10,12)	33,10 (10,88)	43,81 (13,78)	53,68 (15,21)	43,86 (14,32)	31,49 (6,44)	40,15 (10,00)	34,12 (11,24)
90-120°	57,72 (14,11)	63,08 (17,52)	50,46 (10,01)	35,82 (7,62)	45,16 (11,42)	36,37 (10,76)	51,91 (16,29)	58,94 (17,10)	51,37 (14,89)	33,86 (6,91)	42,88 (9,66)	36,68 (12,03)
TI	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle
30-60°	77,26 (13,90)	78,17 (18,62)	76,74 (22,62)	76,18 (14,17)	78,77 (19,45)	75,37 (23,45)	82,58 (16,75)	78,46 (17,39)	77,32 (21,65)	79,09 (16,21)	76,92 (18,90)	74,65 (21,98)
60-90°	78,93 (13,24)	79,23 (17,32)	77,88 (20,62)	77,22 (13,98)	78,07 (18,64)	74,31 (22,84)	84,59 (15,87)	82,87 (13,69)	78,64 (19,06)	80,22 (16,18)	77,57 (18,43)	74,95 (21,74)
90-120°	84,90 (17,19)	86,63 (13,49)	80,82 (19,85)	78,61 (14,07)	79,02 (18,43)	75,78 (21,85)	91,11 (17,84)	87,49 (9,28)	83,58 (18,29)	81,59 (16,14)	79,20 (19,87)	75,78 (21,70)
SA	OAC <sup>c</sup>	OAC+DMR	Controle <sup>c</sup>	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle	OAC	OAC+DMR	Controle
30-60°	83,70 (19,88)	89,88 (16,26)	93,15 (17,73)	83,50 (21,61)	90,53 (19,73)	90,44 (21,00)	84,57 (22,99)	88,42 (17,53)	92,61 (18,34)	82,59 (21,57)	88,66 (19,89)	89,60 (20,45)
60-90°	85,86 (18,75)	90,55 (15,82)	93,58 (17,77)	83,96 (20,95)	89,91 (18,44)	90,09 (21,55)	86,60 (22,52)	90,24 (17,59)	93,01 (17,62)	84,83 (24,15)	89,58 (19,67)	90,13 (19,46)
90-120°	91,12 (15,57)	95,69 (15,65)	96,85 (17,39)	85,32 (21,48)	90,83 (18,02)	91,42 (21,07)	88,61 (15,85)	94,15 (18,40)	97,53 (17,09)	84,76 (23,73)	89,81 (19,95)	93,45 (18,00)

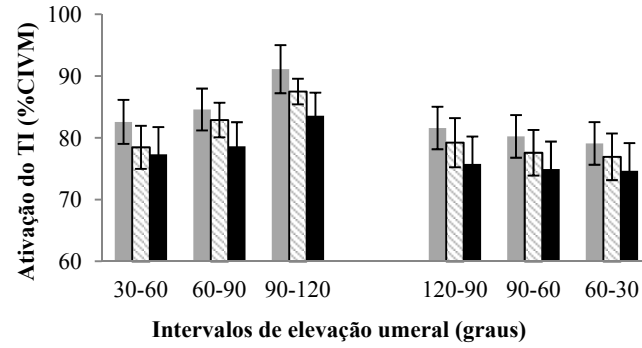
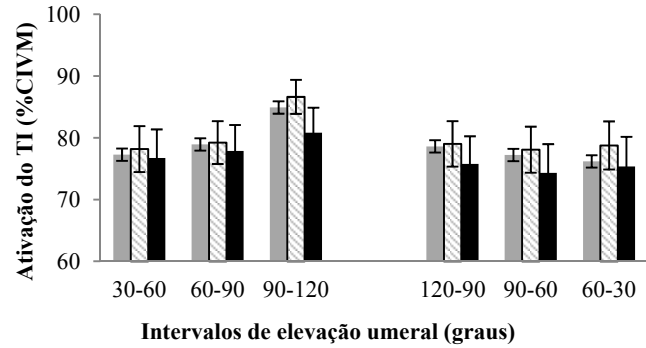
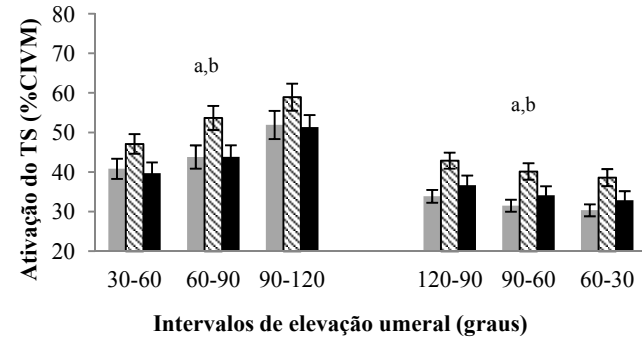
DA	OAC	OAC+DMR <sup>d</sup>	Controle <sup>d</sup>	OAC <sup>e</sup>	OAC+DMR <sup>d,e</sup>	Controle <sup>d</sup>	OAC <sup>e</sup>	OAC+DMR <sup>e</sup>	Controle	OAC <sup>e</sup>	OAC+DMR <sup>d,e</sup>	Controle <sup>d</sup>
30-60°	47,02 (11,30)	59,53 (14,27)	48,83 (13,65)	39,27 (11,94)	52,46 (16,87)	40,00 (13,77)	45,61 (11,97)	56,78 (15,91)	47,62 (16,48)	38,50 (11,74)	51,47 (16,79)	39,56 (15,94)
60-90°	54,67 (12,89)	65,40 (13,53)	55,28 (15,22)	42,08 (11,62)	55,47 (15,81)	41,96 (13,40)	51,28 (8,59)	61,41 (16,51)	51,71 (18,13)	40,11 (11,92)	53,11 (15,66)	42,03 (15,98)
90-120°	61,43 (15,35)	69,45 (15,17)	66,36 (15,14)	45,21 (12,60)	58,67 (16,46)	45,33 (13,33)	53,86 (15,02)	64,54 (16,07)	59,12 (19,04)	42,44 (11,38)	56,68 (16,06)	44,72 (16,44)

Nota: Valores expressos em média e desvio padrão (DP). Letras iguais indicam diferenças entre os grupos.

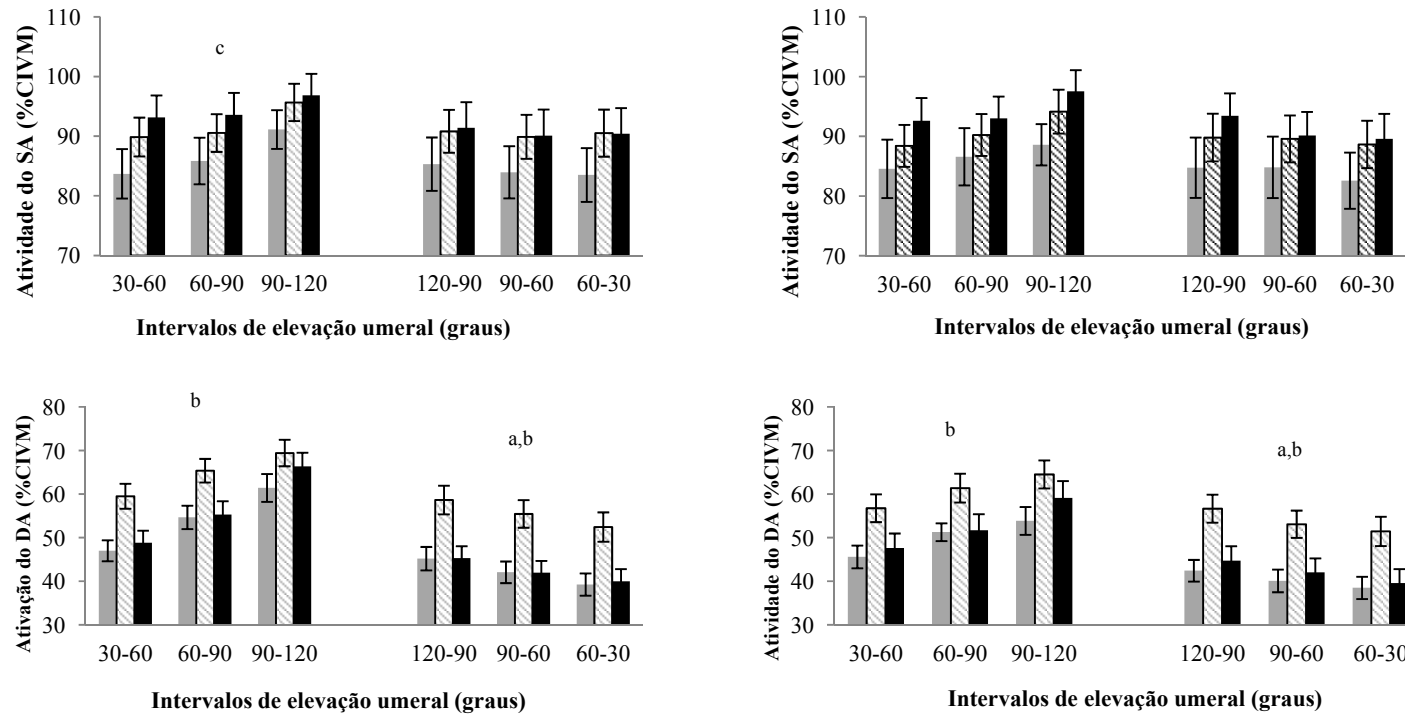
**A - Plano Sagital**



**B - Plano escapular**







**Figura 2** – Média e erro padrão da ativação eletromiográfica do TS, TI, SA e DA durante as fases ascendente e descendente de elevação do braço nos planos sagital (A) e escapular (B).

Nota: a= diferença entre grupos OAC isolada e controle; b= diferença entre grupos com OAC+DMR e controle; c= diferença entre grupos com OA isolada e OAC+DMR.

## **Discussão**

Os participantes com OAC, com ou sem DMR, apresentaram alterada atividade de TS, DA e SA. No plano sagital, houve maior ativação dos músculos TS e DA nos participantes com OAC+DMR mais evidente na fase descendente do movimento, onde os participantes apresentaram maior ativação do que tanto os participantes com OAC isolada quanto controles. No plano escapular, houve menor diferença de comportamento entre as fases de movimento, e os participantes com OAC+DMR apresentaram maior ativação do TS do que os participantes com OAC isolada e controles, em ambas as fases de movimento. No entanto, o comportamento de ativação do DA foi o mesmo do que no plano sagital. Esses resultados indicam que DMR pode ser um efeito aditivo à OAC na alteração da atividade muscular, sendo isso mais evidente no plano escapular de movimento.

Apesar das diferenças entre os grupos durante a elevação do braço, nós não encontramos diferenças durante a CIVM, mesmo com os mais altos níveis de dor e incapacidade relacionadas à função do ombro nos participantes com OAC. Isto sugere que apesar da dor e incapacidade, os indivíduos com OAC podem desenvolver a mesma atividade muscular que aqueles sem dor.

A maior ativação do TS apresentada nos participantes com OAC+DMR em ambas as fases de movimento pode ser relacionada à maior rotação superior na articulação escapulotorácica nesses participantes descrita na parte 1 deste estudo, uma vez que o TS atua na rotação superior da escápula no tórax (Lin, Hsieh, Cheng, Chen, e Lai, 2011). Os participantes com OAC+DMR apresentam pelo menos outra condição adicional à OAC, e a medida que a gravidade dos problemas aumenta, pode haver a adoção de estratégias compensatórias associadas com a rotação superior da escápula no tórax (Lin et al., 2011), e aumento da ativação do TS, o

que tem sido evidenciada em pacientes com outros distúrbios no ombro (Chester et al., 2010; Cools et al., 2007).

Baseada na linha de ação do TS inserido na parte distal da clavícula, a ativação do TS pode produzir a elevação e a retração da clavícula em relação ao tórax (Fey et al., 2007; Huang, Siu, Lien, Lee, e Lin, 2013; Johnson, Bogduk, Nowitzke, e House, 1994) e maior inclinação anterior da escápula, devido a sua ligação com o movimento de elevação clavicular (Huang, Lin, Guo, Wang, e Chen, 2013). Assim, com a aumentada atividade do TS, nós esperaríamos encontrar maior elevação e retração clavicular e inclinação anterior da escápula. Inversamente, na parte 1 deste estudo, nós verificamos que os participantes com OAC isolada apresentaram menos elevação clavicular e ambos os grupos com OAC apresentaram menos retração clavicular do que os controles. A quantidade de retração clavicular deve ter sido limitada pela aumentada rotação interna vista nos participantes com OAC.

Nós verificamos maior atividade de DA nos participantes com OAC+DMR. Teoricamente, isso parece ser claro uma vez que os participantes com DMR apresentam patologia nos tendões do manguito rotador (a maioria dos sujeitos apresentavam alterações nos tendões do supraespinhoso), o que induz a uma reduzida atividade do manguito rotador. Assim, a maior atividade do DA em ambas os planos de movimento pode ser uma estratégia para compensar essas disfunções.

Uma negativa consequência dessa maior atividade do DA, entretanto, é que isso pode aumentar a translação superior da cabeça umeral e pode piorar a sobrecarga ou compressão mecânica nos tendões. A sincrônica rotação superior da escápula com a elevação do braço deve ser necessária para manter uma apropriada relação comprimento-tensão para o deltóide e compensar o diminuído espaço subacromial (Seitz et al., 2012) em indivíduos com DMR.

Alterações na relação entre deltóide e manguito rotador deve causar impacto na produção de força e amplitude total de elevação do braço em todos os planos.

De maneira geral, a função dos músculos escapulotorácicos é mover e estabilizar a escápula durante o movimento umeral. Os músculos escapulares não apenas produzem a rotação superior da escápula durante a elevação do braço, mas também atuam na resistência aos torques de rotação inferior produzidos pela ação reversa dos músculos glenomerais (deltóide e manguito rotador) atuando na escápula (Phadke et al., 2009). Nos participantes com OAC+DMR nós observamos maior atividade do TS, que atua na rotação superior da escápula, e também maior atividade de DA na elevação do braço, o que pode ser um efeito compensatório.

Além disso, o deltóide (porções anterior e média) atua na elevação umeral com a assistência do bíceps braquial (Terry e Chopp, 2000). Uma vez que esses participantes com OAC+DMR podem também apresentar alguma alteração de bíceps braquial, isto pode justificar a maior atividade do DA nesses participantes. Entretanto, nós não verificamos a atividade do bíceps para confirmar essa hipótese.

A maior atividade de TS e DA também pode ser uma tentativa de compensar a menor atividade do SA encontrada em indivíduos com dor no ombro (Lin et al., 2011). Nós verificamos menor atividade de SA durante a fase ascendente de elevação do braço no plano sagital nos participantes com OAC isolada comparado aos controles. O SA atua em parte na rotação superior da escápula, e a maior atividade do TS pode ter sido uma compensação a fim de suprir a rotação superior necessária durante o movimento.

A função do SA é muito importante para o movimento escapular durante a elevação do braço e na redução do risco de reduzida rotação superior e inclinação posterior ou aumentada rotação interna da escápula (Phadke et al., 2009). O SA também atua na rotação externa da

escápula (Phadke et al., 2009), podendo a maior rotação interna da escápula ser resultado da reduzida atividade do SA. Isso corrobora com nossos resultados, uma vez que a menor atividade do SA foi encontrada nos participantes com OAC isolada, o que pode estar associada com a maior rotação interna e menor rotação superior da escápula observadas nesses participantes.

O SA está também envolvido na rotação posterior da clavícula no tórax, a qual é produzida secundariamente pela tensão nos ligamentos coracoclavicular e acromioclavicular quando o SA e o TS puxam a escápula gerando um torque de rotação superior (Ludewig et al., 2009). Assim, a menor atividade do SA nos participantes com OAC isolada pode estar relacionada com a menor rotação posterior da clavícula. Não foram encontradas diferenças na atividade do SA entre os grupos no plano escapular, o que pode ser devido a maior variabilidade na atividade do SA neste plano.

Nós não verificamos diferenças entre os grupos na atividade do TI em nenhuma das fases e planos de movimento. Isto parece ser consistente com nenhuma diferença encontrada entre os grupos na inclinação da escápula no tórax nem na rotação interna/externa na articulação AC, já que o TI contribui para a inclinação posterior da escápula no tórax (Ludewig e Cook, 2000) e para a rotação externa da escápula na articulação AC (Ludewig e Braman, 2011) durante a elevação umeral.

A maior atividade do TS associada a menor atividade do trapézio médio, TI e SA em indivíduos com DMR tem sido reportada em alguns estudos, enquanto outros tem reportado maior atividade tanto no TS quanto no TI em pacientes com DMR (Page, 2011). Esses resultados controversos entre os estudos podem estar relacionados às diferentes características demográficas dos seus participantes. As demandas ocupacionais, recreacionais e ambulatoriais variam

consideravelmente entre os estudos, assim como a duração dos sintomas e se os participantes têm recebido tratamento fisioterapêutico prévio (Chester et al., 2010).

Indivíduos com desequilíbrio na atividade entre o TS e o TI, ou maior atividade do TS, como encontrada nos nossos participantes com OAC+DMR, podem se beneficiar com exercícios de fortalecimento e controle muscular para o TI, uma vez que este parece agir como estabilizador medial da escápula, similar ao trapézio médio (Phadke et al., 2009). Pacientes que apresentam tanto excessiva rotação interna da escápula quanto reduzida rotação superior da escápula, como os nossos participantes com OAC isolada, também podem se beneficiar com exercícios para o TI, já que o TI também é músculo acessório na rotação superior da escápula auxiliando o SA (Phadke et al., 2009).

Pacientes com OAC podem também se beneficiar de alongamento do músculo peitoral menor. Na parte 1 deste estudo, nós reportamos maior rotação da escápula no início do movimento (30° de elevação umeral) nos participantes com OAC isolada, e a aumentada rotação interna da escápula pode ser relacionada a um reduzido comprimento de repouso do músculo peitoral menor (Borstad e Ludewig, 2005). Nós não avaliamos o comprimento do músculo peitoral menor, entretanto, deve-se considerar avaliá-lo clinicamente como descrito por (Borstad, 2008).

Este estudo tem algumas limitações. Não avaliamos todos os músculos que contribuem para o movimento do ombro estudado. Nós elegemos focar neste estudo nas porções superior e inferior do trapézio e serrátil anterior por esses possuírem importantes funções no movimento das articulações escapulotorácica e esternoclavicular (Ebaugh e Spinelli, 2010) e no deltóide anterior, uma vez que este é o músculo primário envolvido na elevação do braço (Sharkey, Marder, e Hanson, 1994). Nós não avaliamos a atividade muscular nos altos níveis de elevação

umeral (acima de 120°), apesar de ser uma amplitude de movimento dolorosa em indivíduos com OAC, porque nosso objetivo era associar a atividade muscular com a cinemática, e nós realizamos a cinemática tridimensional até 120° de elevação umeral, uma vez que nós usamos sensores superficiais e a confiabilidade deste método diminui acima de 120° de elevação umeral (McClure et al., 2006).

### **Conclusões**

Pacientes com OAC em isolado ou associada à DMR, apresentam alterada atividade muscular do TS, DA e SA. De maneira geral, participantes com ACO+DMR apresentaram maior atividade de TS e AD em ambos os planos de movimento, e indivíduos com OAC isolada apresentaram menor atividade de SA durante a fase ascendente no plano sagital. Devido às maiores alterações terem sido encontradas nos indivíduos com OAC+DMR, isto sugere que a DMR deve ser um efeito aditivo à OAC na atividade muscular. Estudos clínicos são necessários para determinar o quanto os programas de reabilitação focando no fortalecimento do SA e TI e estratégias para reduzir a atividade do TS são efetivas para minimizar as diferenças no movimento, na dor e na incapacidade desses indivíduos.

## Referências

- Babatunde, O. M., Kim, H. M., Desandis, B. A., Rogers, C. E., & Levine, W. N. (2012). A physician's guide to the physical examination of the shoulder. *The Physician and Sports Medicine*, 40(1), 91–101.
- Borstad, J. D., & Ludewig, P. M. (2005). The Effect of Long Versus Short Pectoralis Minor Resting Length on Scapular Kinematics in Healthy Individuals. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 35, 227–238.
- Borstad, J. D. (2008). Measurement of pectoralis minor muscle length: validation and clinical application. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 38(4), 169–74.
- Brown, J. N., Roberts, S. N. J., Hayes, M. G., & Sales, A. D. (2000). Shoulder pathology associated with symptomatic acromioclavicular joint degeneration. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 9, 173–176.
- Buchberger, D. J. (1999). Introduction of a new physical examination procedure for the differentiation of acromioclavicular joint lesions and subacromial impingement. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, 22(5), 316–21.
- Buttaci, C. J., Stitik, T. P., Yonclas, P. P., & Foye, P. M. (2004). Osteoarthritis of the Acromioclavicular Joint. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 83(10), 791–797.
- Chen, A. L., Rokito, A. S., & Zuckerman, J. D. (2003). The role of the acromioclavicular joint in impingement syndrome. *Clinics in Sports Medicine*, 22(2), 343–357.
- Chester, R., Smith, T. O., Hooper, L., & Dixon, J. (2010). The impact of subacromial impingement syndrome on muscle activity patterns of the shoulder complex: a systematic review of electromyographic studies. *BMC musculoskeletal disorders*, 11, 45.
- Clarke, H. D., & Mccann, P. D. (2000). Acromioclavicular Joint Injuries. *Conservative Management of Shoulder Injuries*, 31(2), 177–187.
- Cools, A. M., Dewitte, V., Lanszweert, F., Notebaert, D., Roets, A., Soetens, B., Witvrouw, E. E. (2007). Rehabilitation of scapular muscle balance: which exercises to prescribe? *The American journal of sports medicine*, 35(10), 1744–51.
- Diederichsen, L. P., Nørregaard, J., Dyhre-Poulsen, P., Winther, A., Tufekovic, G., Bandholm, T., Krogsgaard, M. (2009). The activity pattern of shoulder muscles in subjects with and without subacromial impingement. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 19(5), 789–99.



- Ebaugh, D. D., & Spinelli, B. A. (2010). Scapulothoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 20(2), 199–205.
- Ekstrom, R. A., Soderberg, G. L., & Donatelli, R. A. (2005). Normalization procedures using maximum voluntary isometric contractions for the serratus anterior and trapezius muscles during surface EMG analysis. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 15(4), 418–28.
- Fey, A. J., Dorn, C. S., Busch, B. P., Laux, L. A., Hassett, D. R., & Ludewig, P. M. (2007). Potential torque capabilities of the trapezius. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(1), A44–A45.
- Fischer, S. L., Belbeck, A. L., & Dickerson, C. R. (2010). The influence of providing feedback on force production and within-participant reproducibility during maximal voluntary exertions for the anterior deltoid, middle deltoid, and infraspinatus. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 20(1), 68–75.
- Huang, C.-H., Siu, K.-C., Lien, H.-Y., Lee, Y.-J., & Lin, Y.-H. (2013). Scapular Kinematics and Muscle Activities during Pushing Tasks. *Journal of Occupational Health, Advance publish*.
- Huang, H.-Y., Lin, J.-J., Guo, Y. L., Wang, W. T.-J., & Chen, Y.-J. (2013). EMG biofeedback effectiveness to alter muscle activity pattern and scapular kinematics in subjects with and without shoulder impingement. *Journal of electromyography and kinesiology*, 23(1), 267–74.
- Hung, C.-J., Jan, M.-H., Lin, Y.-F., Wang, T.-Q., & Lin, J.-J. (2010). Scapular kinematics and impairment features for classifying patients with subacromial impingement syndrome. *Manual therapy*, 15(6), 547–51.
- Jensen, C., Vasseljen, O., & Westgaard, R. H. (1993). The influence of electrode position on bipolar surface electromyogram recordings of the upper trapezius muscle. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 67, 266–273.
- Jensen, C., Vasseljen, O., & Westgaard, R. H. (1996). Estimating maximal EMG amplitude for the trapezius muscle: On the optimization of experimental procedure and electrode placement for improved reliability and increased signal amplitude. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 6(1), 51–8.
- Johnson, G., Bogduk, N., Nowitzke, A., & House, D. (1994). Anatomy and actions of the trapezius muscle. *Clinical Biomechanics*, 9(1), 44–50.

- Kibler, W. B. (2006). Classification and treatment of scapular pathology. In T. S. Ellenbecker (Ed.), *Shoulder Rehabilitation. Non-Operative Treatment* (pp. 94–103). New York: Thieme.
- Larsen, C. M., Sogaard, K., Chreiteh, S. S., Holtermann, a, & Juul-Kristensen, B. (2013). Neuromuscular control of scapula muscles during a voluntary task in subjects with Subacromial Impingement Syndrome. A case-control study. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*.
- Lemos, M. J., & Tolo, E. T. (2003). Complications of the treatment of the acromioclavicular and sternoclavicular joint injuries, including instability. *Clinics in Sports Medicine*, 22(2), 371–385.
- Lin, J., Hanten, W. P., Olson, S. L., Roddey, T. S., Soto-quijano, D. A., Lim, H. K., & Sherwood, A. M. (2005). Functional activity characteristics of individuals with shoulder dysfunctions. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 15(6), 576–86.
- Lin, J., Hsieh, S.-C., Cheng, W.-C., Chen, W. C., & Lai, Y. (2011). Adaptive patterns of movement during arm elevation test in patients with shoulder impingement syndrome. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*, 29(5), 653–7.
- Lin, J., Lim, H. K., Soto-quijano, D. A., Hanten, W. P., Olson, S. L., Roddey, T. S., & Sherwood, A. M. (2006). Altered patterns of muscle activation during performance of four functional tasks in patients with shoulder disorders: interpretation from voluntary response index. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 16(5), 458–68.
- Littell, R. C., Pendergast, J., & Natarajan, R. (2000). TUTORIAL IN BIOSTATISTICS Modelling covariance structure in the analysis of repeated measures data. *Statistics in Medicine*, 19(July 1998), 1793–1819.
- Ludewig, P., & Cook, T. (2000). Alterations in Shoulder Kinematics and Associated Muscle Activity in People With. *Physical Therapy*, 80(3), 276–291.
- Ludewig, P. M., & Braman, J. P. (2011). Shoulder Impingement: Biomechanical Considerations in Rehabilitation. *Manual Therapy*, 16(1), 33–39.
- Ludewig, P. M., Phadke, V., Braman, J. P., Hassett, D. R., Cieminski, C. J., & LaPrade, R. F. (2009). Motion of the shoulder complex during multiplanar humeral elevation. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 91(2), 378–89.
- McClure, P. W., Michener, L. A., & Karduna, A. R. (2006). 3-Dimensional Scapular Kinematics in. *Physical Therapy*, 86(8), 1074–1090.

- McLean, L., Chislett, M., Keith, M., Murphy, M., & Walton, P. (2003). The effect of head position, electrode site, movement and smoothing window in the determination of a reliable maximum voluntary activation of the upper trapezius muscle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(2), 169–180.
- Myers, J. B., Hwang, J.-H., Pasquale, M. R., Blackburn, J. T., & Lephart, S. M. (2009). Rotator cuff coactivation ratios in participants with subacromial impingement syndrome. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*, 12(6), 603–8.
- Orfale, A. G., Araújo, P. M. P., Ferraz, M. B., & Natour, J. (2005). Translation into Brazilian Portuguese, cultural adaptation and evaluation of the reliability of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire. *Brazilian journal of medical and biological research*, 38(2), 293–302.
- Page, P. (2011). Shoulder muscle imbalance and subacromial impingement syndrome in overhead athletes. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(1), 51–58.
- Phadke, V., Camargo, P., & Ludewig, P. (2009). Scapular and rotator cuff muscle activity during arm elevation: A review of normal function and alterations with shoulder impingement. *Revista brasileira de fisioterapia*, 13(1), 1–9.
- Rios, C. G., & Mazzocca, A. D. (2008). Acromioclavicular joint problems in athletes and new methods of management. *Clinics in sports medicine*, 27(4), 763–88.
- Seitz, A. L., McClure, P. W., Finucane, S., Ketchum, J. M., Walsworth, M. K., Boardman, N. D., & Michener, L. A. (2012). The scapular assistance test results in changes in scapular position and subacromial space but not rotator cuff strength in subacromial impingement. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 42(5), 400–12.
- Sharkey, N. a, Marder, R. A., & Hanson, P. B. (1994). The entire rotator cuff contributes to elevation of the arm. *Journal of orthopaedic research.*, 12(5), 699–708.
- Sharkey, N. A., & Marder, R. A. (1995). The rotator cuff opposes superior translation of the humeral head. *The American journal of sports medicine*, 23(3), 270–5.
- Timmons, M. K., Thigpen, C. A., Seitz, A. L., Karduna, A. R., Arnold, B. L., & Michener, L. A. (2012). Scapular kinematics and subacromial-impingement syndrome: a meta-analysis. *Journal of sport rehabilitation*, 21(4), 354–70.
- Tucker, W. S., Armstrong, C. W., Gribble, P. A., Timmons, M. K., & Yeasting, R. A. (2010). Scapular muscle activity in overhead athletes with symptoms of secondary shoulder impingement during closed chain exercises. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(4), 550–6.

- Westgaard, R. H., Mork, P. J., Lorås, H. W., Riva, R., & Lundberg, U. (2013). Trapezius activity of fibromyalgia patients is enhanced in stressful situations, but is similar to healthy controls in a quiet naturalistic setting: a case-control study. *BMC musculoskeletal disorders*, *14*, 97.
- Wilk, K. E., & Arrigo, C. (1993). Current concepts in the rehabilitation of the athletic shoulder. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *18*(1 37), 365–378.

#### 4 Considerações finais

Esta tese de doutorado abordou a avaliação cinemática e eletromiográfica do ombro durante a elevação do braço em portadores de osteoartrose acromioclavicular isolada e associada à disfunção do manguito rotador. Baseado nos resultados encontrados nos dois estudos realizados, algumas considerações podem ser levantadas.

O primeiro estudo descreveu o movimento tridimensional do ombro durante as fases ascendente e descendente de elevação do braço em dois planos de movimento (sagital e escapular) em indivíduos com OAC isolada e associada à DMR (OAC+DMR), e comparou com indivíduos saudáveis e assintomáticos. Os participantes com OAC apresentaram padrão de movimento similar aos controles e a estudos prévios. Entretanto, houve algumas diferenças entre os grupos, em fases e planos específicos de movimento. De maneira geral, os participantes com OAC isolada e associada à DMR apresentaram maior rotação superior da ET, menor retração clavicular e maior inclinação posterior na AC que participantes controle. Além disso, participantes com OAC isolada apresentaram mais algumas alterações, como maior rotação interna da ET, menor elevação e rotação posterior clavicular, e maior rotação superior e inclinação posterior na AC que os controles. A maior movimentação na articulação AC nesses indivíduos pode ser fator causador da osteoartrose nesses indivíduos. Nós também encontramos algumas diferenças entre participantes com OAC isolada e OAC+DMR, as quais podem ser associadas à coexistência de condições patológicas, que podem exacerbar as alterações cinemáticas.

O segundo estudo descreveu a atividade muscular do trapézio superior, trapézio inferior, serrátil anterior e deltóide anterior, durante as fases ascendente e descendente da elevação do braço em dois planos de movimento (sagital e escapular) em indivíduos com OAC isolada e

associada à DMR, e comparar com sujeitos saudáveis e assintomáticos. Os resultados revelaram que os indivíduos com OAC, em isolado ou associada à DMR, apresentaram alterada atividade muscular do TS, DA e SA. De maneira geral, participantes com ACO+DMR apresentaram maior atividade de TS e AD em ambos os planos de movimento, e indivíduos com OAC isolada apresentaram menor atividade de SA durante a fase ascendente no plano sagital. Não se sabe se essas alterações na atividade muscular estavam presentes antes dos indivíduos desenvolverem a dor e o problema no ombro, assim contribuindo para a DMR e a OAC, ou se as alterações apresentadas são resultados compensatórios dos problemas no ombro. Devido às maiores alterações terem sido encontradas nos indivíduos com OAC+DMR, isto sugere que a DMR deve ser um efeito aditivo à OAC na atividade muscular.

Essas alterações na cinemática e na ativação muscular podem representar respostas compensatórias na tentativa de reduzir a dor, uma vez que os participantes com OAC apresentaram maior nível de dor e déficit funcional que os controles. Alternativamente, as alterações podem ser a causa da dor no ombro e da redução da funcionalidade. Assim, mais estudos são necessários para esclarecer essas alterações. Além disso, estudos clínicos também são necessários para determinar o quanto os programas de reabilitação focando no fortalecimento do SA e TI e estratégias para reduzir a atividade do TS são efetivas para minimizar as diferenças no movimento, na dor e na incapacidade desses indivíduos.

**Anexos - Comprovantes de submissão dos artigos referentes aos estudos 1 e 2 ao periódico  
*Clinical Biomechanics***

11/18/13

Gmail - Fwd: Submission Confirmation



catarina sousa &lt;cat.olivsousa@gmail.com&gt;

---

**Fwd: Submission Confirmation**

2 mensagens

---

Paula Rezende Camargo <paularezendecamargo@gmail.com>  
Para: catarina sousa <cat.olivsousa@gmail.com>

18 de novembro de 2013 17:30

----- Forwarded message -----

From: Clinical Biomechanics <deb@spineresearch.org.uk>  
Date: 2013/11/18  
Subject: Submission Confirmation  
To: paularezendecamargo@gmail.com

Dear Paula Rezende Camargo,

Your submission entitled "Motion of the shoulder complex in individuals with isolated acromioclavicular osteoarthritis and associated with rotator cuff dysfunction: Part 1 - Three-dimensional shoulder kinematics." has been received by Clinical Biomechanics

You may check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/clbi/>.

Your username is: [paularezendecamargo@gmail.com](mailto:paularezendecamargo@gmail.com)  
If you need to retrieve password details,  
please go to: [http://ees.elsevier.com/clbi/automail\\_query.asp](http://ees.elsevier.com/clbi/automail_query.asp)

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial System  
Clinical Biomechanics

---

Paula Rezende Camargo <[paularezendecamargo@gmail.com](mailto:paularezendecamargo@gmail.com)>  
Para: catarina sousa <[cat.olivsousa@gmail.com](mailto:cat.olivsousa@gmail.com)>

18 de novembro de 2013 17:30

----- Forwarded message -----

From: Clinical Biomechanics <[deb@spineresearch.org.uk](mailto:deb@spineresearch.org.uk)>  
Date: 2013/11/18  
Subject: Submission Confirmation  
To: [paularezendecamargo@gmail.com](mailto:paularezendecamargo@gmail.com)

Dear Paula Rezende Camargo,

<https://mail.google.com/mail/u/0/?ui=2&ik=8331dee3e5&view=pt&search=inbox&th=1426cb0fc8ded062>

1/2

---

11/18/13

Gmail - Fwd: Submission Confirmation

Your submission entitled "Motion of the shoulder complex in individuals with isolated acromioclavicular osteoarthritis and associated with rotator cuff dysfunction: Part 2 - Muscle activity." has been received by Clinical Biomechanics

You may check on the progress of your paper by logging on to the Elsevier Editorial System as an author. The URL is <http://ees.elsevier.com/clbi/>.

Your username is: [paularezendecamargo@gmail.com](mailto:paularezendecamargo@gmail.com)  
If you need to retrieve password details,  
please go to: [http://ees.elsevier.com/clbi/automail\\_query.asp](http://ees.elsevier.com/clbi/automail_query.asp)

Your manuscript will be given a reference number once an Editor has been assigned.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,

Elsevier Editorial System  
Clinical Biomechanics