

AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA DOS TRATAMENTOS CIRÚRGICOS DA LUXAÇÃO ACROMIOCLAVICULAR

Gabriela Lima Menegaz, Laboratório de Projetos Mecânicos, gabriela.menegaz@gmail.com
Cleudmar Amaral de Araújo, Laboratório de Projetos Mecânicos, cleudmar@mecanica.ufu.br
Leandro Cardoso Gomide, Faculdade de Medicina - UFU, leandro@orthomedcenter.com.br

Resumo. As lesões da articulação acromioclavicular, responsável pela suspensão do braço, estabilidade da escápula e pelo movimento harmônico da articulação escapulo-torácica durante a elevação do ombro, representam 40% a 50% de todas as lesões do ombro relacionadas ao esporte, frequentemente devido a quedas sobre o ombro. O tratamento cirúrgico é recomendado para as luxações do tipo III, IV, V e VI. Um dos procedimentos mais utilizados são os amarrilhos coracoclaviculares com fios de sutura não absorvíveis e a transferência do ligamento coracoacromial pela fixação de Weaver – Dunn. A proposta deste trabalho é estudar o comportamento mecânico dos diferentes tipos de fios de sutura utilizados nos procedimentos, realizando ensaios de tração. Além de avaliar, por simulações numéricas pelo método dos elementos finitos, o comportamento biomecânico do ombro intacto e após as reparações realizadas nos tratamentos cirúrgicos. Dessa forma, será possível analisar a distribuição de tensão e deformação nos ligamentos e estruturas ósseas, visando determinar qual dos tratamentos possibilita condições biomecânicas mais próximas daquelas encontradas na estrutura do ombro não lesionado.

Palavras chave: Luxação acromioclavicular, Tratamentos cirúrgicos, Ensaio de tração, Fios de sutura, Elementos Finitos.

1. INTRODUÇÃO

O ombro é responsável pela ligação entre o membro superior e o tronco, agindo em conjunto com o cotovelo para o posicionamento da mão. O ombro é composto pelas articulações esternoclavicular, acromioclavicular e do ombro, que se movem simultaneamente e a ocorrência de defeitos funcionais em qualquer uma delas compromete a movimentação (Moore e Dalley, 2005). A articulação acromioclavicular tem a função de suspender o braço, estabilizar a escápula e permitir o movimento harmônico da articulação escapulo-torácica durante a elevação do ombro. Ela possui quatro graus de liberdade que permitem o movimento nos planos anterior/posterior e inferior/superior e é estabilizada por estabilizadores estáticos e dinâmicos. Os estabilizadores estáticos incluem os ligamentos acromioclavicular, coracoclaviculares (trapezóide e conóide) e coracoacromial, como pode ser visto na Fig. 1. Os estabilizadores dinâmicos são os músculos deltóide e trapézio e os tecidos moles (Sellards, 2004). O ligamento acromioclavicular suporta a articulação em baixas cargas e pequenas movimentações, evita a separação da clavícula e da escápula e previne os deslocamentos posterior e anterior. O ligamento coracoclavicular mantém a união entre escápula e clavícula, impede movimentos anteriores e posteriores da escápula e evita movimentos ascendentes e descendentes da clavícula na escápula. Além disso, auxilia movimentos escapulares, servindo como um eixo de rotação e como suporte em movimentos que exigem maior amplitude e deslocamento, suspende a cintura escapular e restringe o deslocamento vertical. O ligamento coracoacromial protege as estruturas subjacentes no ombro e limita o movimento superior excessivo da cabeça do úmero (Hamill e Knutzen, 2009).

Essa articulação, embora possua o ligamento coracoclavicular com grande resistência, pode ser lesionada facilmente, sendo necessário o tratamento cirúrgico nos casos mais graves de lesão. As lesões da articulação acromioclavicular representam 40% a 50% de todas as lesões do ombro relacionadas ao esporte, frequentemente devido a quedas sobre o ombro, com o braço em adução (Thorndike e Quigley, 1942). A literatura recomenda uma variedade de procedimentos que incluem fixação com pinos através da articulação acromioclavicular, transferência do ligamento coracoacromial pelo procedimento de Weaver-Dunn, fixação entre a clavícula e o processo coracóide, utilização de placas, transferência pela muscular e o amarrilho coracoclavicular utilizando fios não absorvíveis de grosso calibre (Mazzoca *et al.*, 2006).

Para que sejam utilizados os fios de sutura com o intuito de manter a redução cirúrgica da articulação acromioclavicular, como por exemplo, na técnica de amarrilho coracoclavicular, é necessário que os mesmos tenham a capacidade de resistir às forças de tração a que normalmente são submetidos os ligamentos responsáveis pela estabilidade da articulação, em especial os coracoclaviculares, responsáveis pela estabilidade vertical da articulação (Fukuda *et al.*, 1986). Tradicionalmente, são utilizadas suturas de poliéster trançadas e não absorvíveis, que tem se mostrado mais resistentes e com menor tendência ao deslizamento do que as suturas de monofilamento de polidioxanona absorvível. Entretanto, fatores como a frequente ruptura da sutura intra-operatória e a menor resistência obtida com as suturas de poliéster não absorvíveis, conduziram ao desenvolvimento de suturas trançadas e não absorvíveis de uma polimistura, constituída de polietileno, poliéster e PDS. Para que os cirurgiões ortopedistas utilizem os fios de sutura mais adequados em cada situação é necessário que tenham o conhecimento de qual é a estrutura mais resistente (Swan *et al.*, 2009).

A proposta deste trabalho é avaliar o comportamento biomecânico, através da modelagem por elementos finitos da articulação acromioclavicular reconstruída a partir de dois procedimentos cirúrgicos usuais para o tratamento da luxação acromioclavicular: a fixação dos ligamentos coracoclaviculares por amarrilhos de suturas não absorvíveis e a

fixação de Weaver-Dunn. Além disso, será realizada a avaliação do comportamento mecânico dos diferentes fios de sutura através de ensaios mecânicos, determinando a carga máxima de ruptura e o alongamento máximo dos fios.

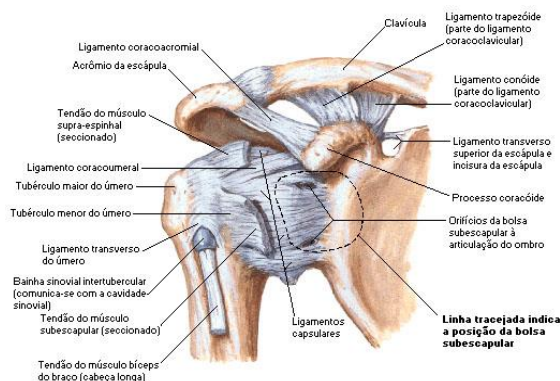


Figura 1. Anatomia da articulação acromioclavicular.

3. LUXAÇÃO ACROMIOCLAVICULAR E OS TRATAMENTO CIRÚRGICOS

A luxação acromioclavicular resulta de uma queda violenta sobre o ombro, do impacto recebido pelo acrômio ou de uma queda sobre o membro superior estendido. A lesão é grave quando os ligamentos acromioclavicular e coracoclaviculares são dilacerados. Quando ocorre o rompimento do ligamento coracoclavicular, o ombro separa-se da clavícula devido ao peso do membro superior e permite que a cápsula fibrosa da articulação também seja dilacerada, de modo que o acrômio possa passar abaixo da extremidade acromial da clavícula. A luxação torna o acrômio mais proeminente e a clavícula pode mover-se acima deste processo (Moore e Dalley, 2005).

Rockwood descreveu seis tipos de luxações acromioclaviculares, ilustradas na Fig.2, onde o tratamento cirúrgico é recomendado, na maioria dos casos, para lesões dos tipos III, IV, V e VI, enquanto que para as lesões do tipo I e II o tratamento conservador é o indicado. Existe uma variedade de procedimento, cuja finalidade é a de redução da luxação dando a possibilidade aos tecidos de uma boa cicatrização e estabilização da clavícula distal, promovendo uma reconstrução o mais semelhante possível da anatomia original, com o menor deslocamento da articulação e a maior carga de ruptura (Mazzoca *et al.*, 2006).

Na técnica de Weaver-Dunn, mostrada na Fig.3A, o ligamento coracoacromial é separado da parte ântero-lateral do acrômio, mantendo o maior comprimento possível. Em seguida, a extremidade distal do ligamento é amarrada com um fio de sutura não absorvível e presa através de furos na face superior da clavícula distal. A clavícula é reduzida em uma posição anatômica e as suturas são amarradas. A reconstrução é complementada através da passagem de uma sutura não absorvível por baixo do coracóide e fixada através de dois furos na face anterior da clavícula. O amarrilho coracoclavicular é realizado através de um furo feito no córtex superior da clavícula, aproximadamente a 2 cm medial a clavícula distal, como pode ser visto na Fig.3B. São utilizados quatro fios de suturas não absorvíveis sob o processo coracóide. Duas das suturas são então passadas através do furo e enlaçadas na parte anterior à clavícula e as outras duas na parte posterior. A clavícula é reduzida à posição correta e cada par de suturas é amarrado (Thomas *et al.*, 2011).

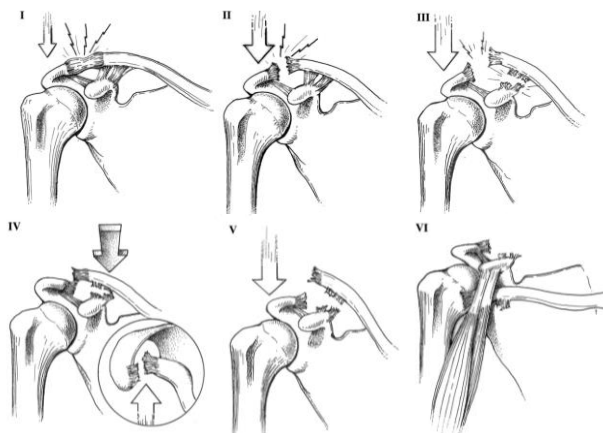


Figura 2. Tipos de luxação acromioclavicular (Fonte: Ponce *et al.*, 2004).

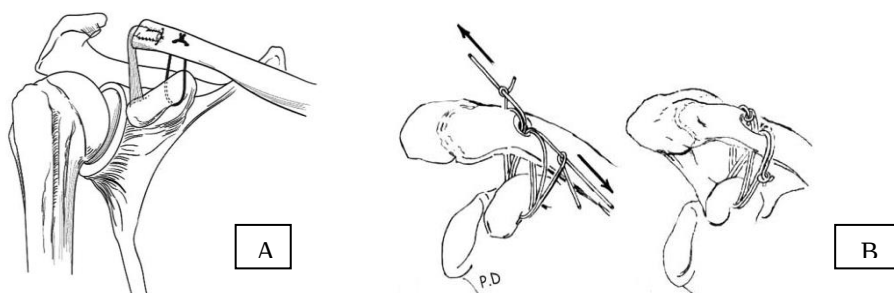


Figura 3. Técnicas cirúrgicas. A) Fixação de Weaver-Dunn, B) Amarrilho coracoclavicular (Fonte: Thomas *et al.*, 2011).

4. ENSAIOS MECÂNICOS NOS FIOS DE SUTURA

Neste trabalho foi avaliado o comportamento mecânico de quatro diferentes tipos de fios de sutura, comumente utilizados no tratamento cirúrgico da luxação acromioclavicular: Ethibond nº2, Ethibond nº5, HiFi nº 2 e FiberWire nº2. Os fios Ethibond nº2 e Ethibond nº5 são suturas não absorvíveis esterilizadas constituídas de poliéster, com construção multifilamentar trançada e recoberto de polibutilato. A sutura FiberWire nº2 é não absorvível e esterilizada, constituída por uma cadeia longa de multifilamentos com o núcleo de polietileno de peso molecular ultraelevado (UHMWPE) e revestido de poliéster entrançado. O fio de sutura Hi-Fi nº2 é não absorvível, com estrutura trançada e sua composição também é baseada no polietileno de peso molecular ultraelevado.

Os ensaios de tração dos diferentes tipos de fios de sutura foram realizados na máquina de ensaios mecânicos BME 10 kN, com uma célula de carga de capacidade máxima de 50 kgf, como mostrado na Fig.4A. Foram ensaiadas sete amostras de cada tipo de sutura, sem a presença do nó, fixando cada uma das extremidades da amostra na garra metálica própria para o ensaio de fios e mantendo o comprimento inicial de 5 cm, detalhado na Fig. 4B. Os ensaios foram realizados com uma velocidade de 5 mm/min e à temperatura ambiente, registrando os dados de força máxima e deslocamento máximo na ruptura dos fios. As médias dos resultados obtidos nos ensaios de cada tipo de fio foram calculadas.

O fio Ethibond nº 2 apresentou a carga de ruptura de 97,98 N e o alongamento máximo na ruptura de 35,24 mm. A carga máxima de ruptura para o fio Ethibond nº 5 foi de 207,38N e o alongamento máximo de 37,98 mm. Nos testes com a sutura HiFi nº 2 foi obtida a carga média de ruptura de 213,39 N e o alongamento de 72,90 mm. O maior valor de carga de ruptura foi encontrado para o fio FiberWire nº 2, de 240,17N, que obteve um alongamento na ruptura de 34,19 mm. As curvas de força x alongamento obtidas nos ensaios estão representadas na Fig. 5.

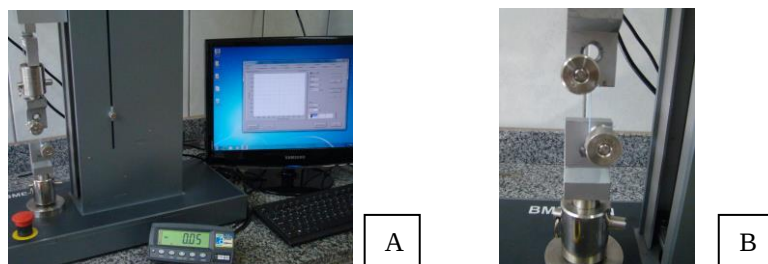


Figura 4. Ensaios de tração nos fios de sutura. A) Máquina de ensaio BME 10 kN, B) Garra metálica para fixação.

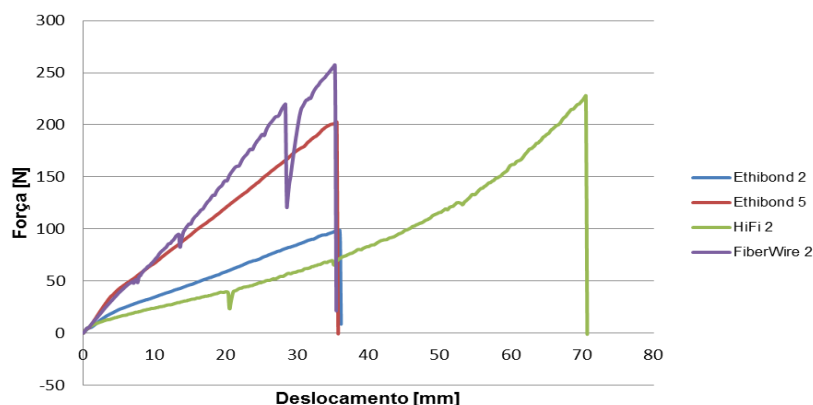


Figura 5. Gráficos da força x deslocamento para os diferentes tipos de fios ensaiados.

5. AVALIAÇÃO NUMÉRICA DA ARTICULAÇÃO INTACTA E DOS TRATAMENTOS CIRÚRGICOS

Segundo Favre *et al.* (2009), as atividades de pesquisa envolvendo modelos numéricos do ombro aumentaram nos últimos tempos, devido ao crescimento das taxas de ocorrência de lesões, ao elevado número de pessoas que sofrem com dores no ombro e apresentam prejuízo funcional. Além disso, os principais desafios clínicos da ortopedia do ombro ainda persistem, existindo a necessidade do entendimento mais profundo das patologias e dos tratamentos, para que as estratégias terapêuticas possam ser desenvolvidas. Para o estudo em questão as geometrias das estruturas ósseas do ombro, clavícula, úmero e escápula, foram obtidas a partir de modelos já existentes. As geometrias dos ligamentos coracoclaviculares, acromioclavicular e coracoacromial foram desenhadas com base na anatomia descrita na literatura, como mostra a Fig. 6. As estruturas ósseas foram discretizadas utilizando elementos tetraédricos C3D10 e as estruturas ligamentares elementos tetraédricos híbridos C3D10H. Foram atribuídas as propriedades mecânicas às geometrias, em que se considerou os modelos constitutivos hiperelásticos para os ligamentos e os ossos foram considerados como um material elástico linear. Nas simulações serão aplicados carregamentos e condições de contorno que simulam aqueles realizados no cotidiano. Assim, será analisada a distribuição de tensão e deformação nos modelos do ombro intacto e dos tratamentos cirúrgicos, para que seja identificado aquele procedimento que proporciona a resistência, a rigidez e a estabilidade mais próximas às condições normais do ombro, promovendo uma reconstrução o mais semelhante possível da anatomia original, com o menor deslocamento da articulação e a maior carga de ruptura.

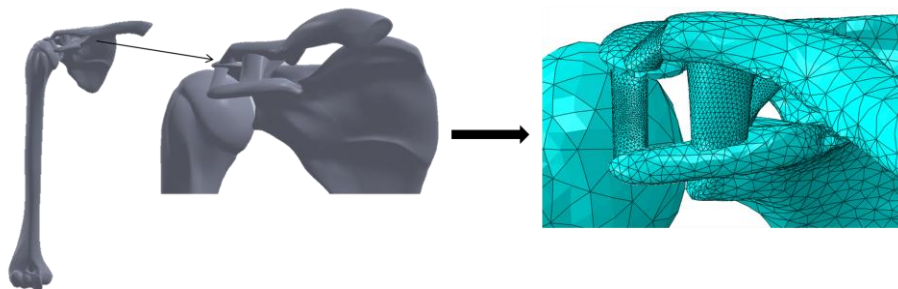


Figura 6. Modelo intacto da articulação acromioclavicular utilizado na simulação por elementos finitos.

6. AGRADECIMENTOS

Aos órgãos de fomento (FAPEMIG, CNPq e CAPES), à Pós – Graduação em Engenharia Mecânica da UFU, à FEMEC, à FAMED, ao Laboratório de Projetos Mecânicos e ao Núcleo de Habilitação e Reabilitação em Esportes Paralímpicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FAVRE, P.; SNEDEKER, J. G.; GERBER, C. Numerical modelling of the shoulder for clinical applications. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, n. 367, p. 2095–2118, Abril 2009.
- FUKUDA, K.; CRAIG, E. V.; AN, K. N.; COFIELD, R. H.; CHAO, E. Y. S. Biomechanical study of the ligamentous system of the acromioclavicular joint. *Journal of Bone and Joint Surgery*, v. 68, p. 434-440, 1986.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. *Biomechanical Basis of Human Movement*. 3ª. ed. [S.l.]: Editora Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
- MAZZOCA, A.D.; SANTANGELO, S.A.; JOHNSON, S.T.; RIOS, C.G.; DUMONSKI, M.L.; ARCIERO, R.A. A Biomechanical Evaluation of a Anatomical Coracoclavicular Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, v. 34, p. 236-246, 2006.
- MOORE, K. L.; DALLEY, A. F. *Anatomia Orientada para Clínica*. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 2005.
- SELLARDS, R. Anatomy and Biomechanics of the Acromioclavicular Joint. *Operative Techniques in Sports Medicine*, v. 12, n. 1, p. 2-5, Janeiro 2004.
- SWAN JR, K. G.; BALDINI, T.; MCCARTY, E. C. Arthroscopic Suture Material and Knot Type: An Updated Biomechanical Analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, v. 37, n. 8, p. 1578-1585, 2009.
- THORNDIKE JR., A.; QUIGLEY, T. B. Injuries to the Acromioclavicular Joint_A Plea for Conservative Treatment. *The American Journal of Surgery*, v. 55, n. 2, p. 250-261, Fevereiro 1942.
- THOMAS, K.; LITSKY, A.; JONES, G.; BISHOP, J. Y. Biomechanical Comparison of Coracoclavicular Reconstructive Techniques. *The American Journal of Sports Medicine*, v. 39, n. 4, p. 804-810, 2011.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.