



Artigo Original

Avaliação biomecânica de ovinos entre o ponto Mason-Allen modificado e o ponto com duplo-laço bloqueado em infraespinal[☆]



Alberto Naoki Miyazaki, Marcelo Fregoneze, Pedro Doneux Santos, Luciana Andrade da Silva, Guilherme do Val Sella*, Luiz Antonio Zanotelli Zanella, João Caron La Salvia e Sergio Luiz Checchia

Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Faculdade de Ciências Médicas, Santa Casa de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 12 de agosto de 2013

Aceito em 21 de outubro de 2013

On-line em 20 de junho de 2014

Palavras-chave:

Técnicas de sutura

Ombro

Bainha rotadora

R E S U M O

Objetivos: Avaliar e comparar os resultados biomecânicos *in vitro* de dois pontos: o Mason-Allen modificado por Habermeyer e o ponto duplo-laço bloqueado (DLB), desenvolvido no nosso serviço em tendões de músculos infraespinais de ovinos.

Métodos: Vinte tendões do músculo infraespinal de ovinos foram divididos aleatoriamente em dois grupos: o DLB, no qual foi confeccionado o ponto duplo-laço bloqueado; e o MA, com o ponto Mason-Allen modificado. A avaliação foi feita no laboratório de mecânica, com uma máquina de teste padrão, de tração unidirecional, com velocidade constante de 20 mm por segundo, com uma célula de carga de 500 N, sem ciclagem de força.

Resultados: Evidenciamos uma superioridade do DLB sobre o MA, tanto na força necessária para formar 5 mm de espaço ($p=0,01$) como 10 mm ($p=0,002$) e também na resistência máxima de tração ($p=0,003$).

Conclusão: Confirmamos nossa hipótese de que o ponto com DLB é superior ao MA do ponto de vista biomecânico. Essa é mais uma opção de ponto para o cirurgião, quando precisa suturar tendões frágeis e pouco vascularizados, e melhora a qualidade da fixação sem aumentar o "estrangulamento" e, conseqüentemente, a área isquêmica.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

[☆] Trabalho desenvolvido no Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, Pavilhão Fernandinho Simonsen, São Paulo, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mails: ombro@ombro.med.br, gvsella@gmail.com (G.V. Sella).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2013.10.010>

0102-3616/© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Biomechanical evaluation between the modified Mason-Allen stitch and the locked double-tie stitch on the infraspinatus of sheep

A B S T R A C T

Keywords:
Suturing techniques
Shoulder
Rotator cuff

Objectives: To evaluate and compare the *in vitro* biomechanical results from two stitches: the Mason-Allen stitch, as modified by Habermeyer; and the locked double-tie (LDT) stitch developed at our service, on tendons of the infraspinatus muscle of sheep.

Methods: Twenty tendons from the infraspinatus muscle of sheep were randomly divided into two groups: LDT, on which the locked double-tie stitch was performed; and MA, with the modified Mason-Allen stitch. The evaluation was performed in the mechanics laboratory, using a standard test machine with unidirectional traction, constant velocity of 20 mm per second and a 500 N load cell, without force cycling.

Results: We observed that LDT was superior to MA, for the force needed to form spaces of both 5 mm ($p=0.01$) and 10 mm ($p=0.002$) and also for the maximum traction resistance ($p=0.003$).

Conclusion: We confirmed our hypothesis that LDT stitches are superior to MA stitches from a biomechanical point of view. This is a further stitching option for surgeons, when fragile and poorly vascularized tendons need to be sutured, and it improves the quality of fixation without increasing the “strangulation” and, consequently, the ischemic area.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

A sutura da lesão do manguito rotador (LMR) é um dos maiores desafios para o cirurgião de ombro. Altas taxas de deiscência, principalmente nas lesões extensas, são verificadas e podem variar de 13% a 94% dos casos.^{1,2}

O tratamento cirúrgico visa, mecanicamente, a uma sutura firme e segura do tendão no local de sua inserção para que haja a cicatrização. Os materiais cirúrgicos são, hoje em dia, altamente confiáveis e, por isso, segundo Cummins, a maior causa de falha do reparo é a interface do fio de sutura com o tendão.³ Gerber et al.⁴ sugerem que o reparo ideal deveria suportar uma forte força de tração durante o período inicial da fixação, permitir a formação de um espaço mínimo entre o tendão e o osso e manter a estabilidade mecânica até ocorrer a cicatrização. O tipo de ponto usado na sutura é parte crucial no sucesso ou do fracasso do procedimento cirúrgico.

O reparo da LMR por via artroscópica necessita de aprimorada técnica operatória, conhecimento e habilidade por parte do cirurgião para confeccionar a passagem dos fios através do tendão. A sutura pode ser feita com diferentes tipos de pontos, que foram desenvolvidos para suportar forças de tração sem desprender do tendão reparado.⁵ O Mason-Allen é o mais resistente.⁴ Pode ser confeccionado artroscopicamente e é conhecido como Mason-Allen modificado, conforme descrito por Scheibel e Habermeyer.⁶

Quando da sutura de tendões, de uma maneira geral e por via aberta, a técnica desenvolvida por Krackow et al.⁷ é reconhecidamente a mais resistente e segura, porém fazê-la por artroscopia é uma tarefa quase impossível, além do que, por ter pontos transversais ao sentido do tendão, pode comprometer a vascularização dele e, assim, a cicatrização da lesão.

Baseado no ponto Lasso-Loop descrito por Lafosse et al.,⁸ o sênior do nosso grupo (SLC) procurou desenvolver uma técnica que pudesse aliar a resistência da sutura desenvolvida por Krackow et al.,⁷ que fosse viável de ser executada por via artroscópica e que comprometesse minimamente a vascularização. Para tanto, é feita com pontos longitudinais e duplamente bloqueados, por nós chamados de pontos duplo-laço bloqueados (DLB).

Além de descrever a técnica de confecção do DLB, este trabalho, feito em tendões de músculos infra-espinais de ovinos, compara-a, biomecanicamente, com o ponto Mason-Allen modificado, considerado o mais resistente feito artroscopicamente.⁶

Este estudo com uso de animais foi aprovado pela comissão de ética da nossa instituição.

Materiais e métodos

Técnica cirúrgica

O DLB é simples, mas como toda técnica necessita de prática e auxiliares treinados. O uso de âncoras do tipo *knotless* facilita sua confecção, mas não é imprescindível. A seguir os seis passos do ponto:

Primeiro: após colocar a âncora de sutura na posição apropriada, com uma agulha de sutura artroscópica, um dos braços do fio é passado através do tendão, da face articular para a subacromial, aproximadamente 20 mm medial à borda lateral do tendão, próximo à transição miotendínea. O fio deve correr pela âncora e não estar preso (fig. 1A).

Segundo: o comprimento do fio é equalizado e, a seguir, com a agulha de sutura é feita outra passagem parcial do mesmo fio que deixa uma alça da face articular para a subacromial (fig. 1B).

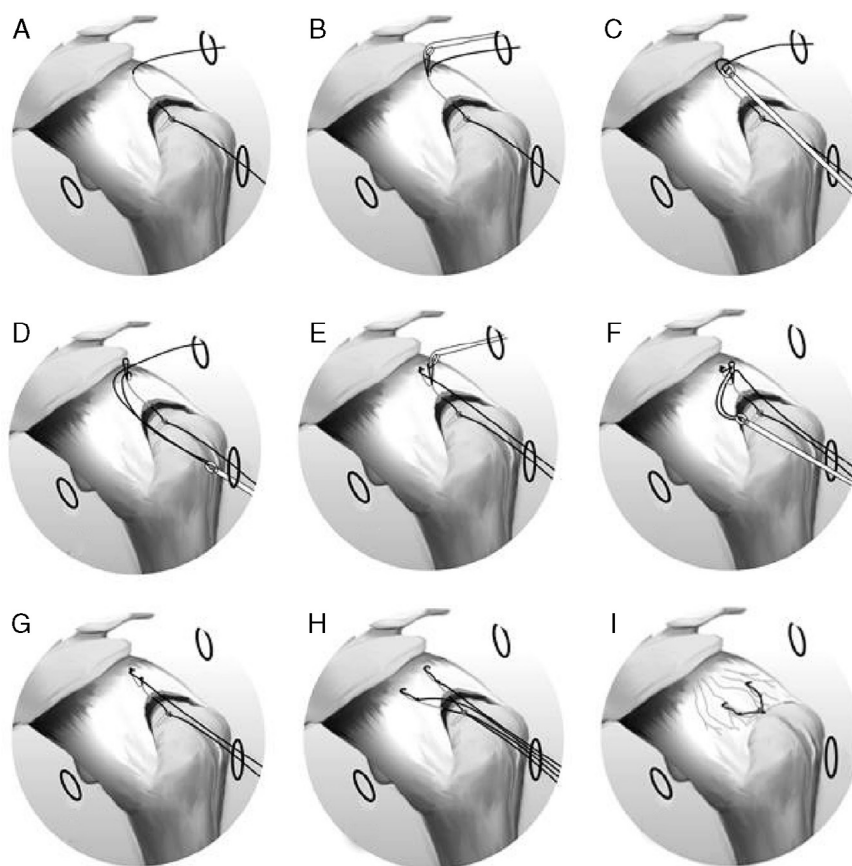


Figura 1 – Sequência de passos para confecção do ponto duplo laço bloqueado. (A) primeira passagem do fio de sutura da face articular para a face subacromial. (B) formação da primeira alça (face subacromial). (C) passagem do fio subacromial através da alça previamente feita. (D) tensionamento do fio inferior bloqueando a primeira parte da sutura. (E) formação da segunda alça aproximadamente 10 mm da extremidade lateral do tendão. (F) passagem do fio acromial através dessa segunda alça. (G) tensionamento do fio inferior que bloqueia a segunda parte da sutura. (H) feitura do mesmo ponto com o outro fio da âncora. (I) aspecto final do ponto que mostra o paralelismo desse em relação à irrigação sanguínea do tendão.

Terceiro: através deste laço é passada a extremidade do fio que está no espaço subacromial. Nesse momento o fio inferior é tensionado e bloqueia, assim, a primeira parte da sutura (fig. 1C e D).

Quarto: é feito um novo laço a aproximadamente 10 mm da extremidade lateral do tendão (fig. 1E).

Quinto: através desse novo laço é passada a extremidade desse fio (fig. 1F).

Sexto: o ponto é então apertado, com o uso de nós não deslizantes, e fecha a lesão (fig. 1G).

Com uma âncora de sutura, carregada com dois fios, podem-se confeccionar dois pontos e aumentar ainda mais a resistência da sutura (fig. 1H e I).

Estudo biomecânico

Em estudos experimentais prévios já foi estabelecido e demonstrado que o tendão do músculo infraespal de ovinos tem características semelhantes ao tendão do supraespal do ombro humano e serve de modelo para estudos das doenças do manguito rotador.^{9,10}

Vinte tendões do músculo infraespal de ovinos da raça Texel, com 1,5 a 2 anos e do sexo masculino, foram usados

no estudo. Foram divididos aleatoriamente em dois grupos: o DLB, no qual foi confeccionado o ponto acima descrito (fig. 2A); e o MA, com o ponto Mason-Allen modificado⁶ (fig. 2B). Durante a retirada dos tendões dos animais, foi preservada somente a parte tendínea do músculo infraespal, a tenotomia foi feita na inserção umeral, sem que estrutura óssea permanesse aderida no tendão. As amostras não passaram por processo de congelamento e foram mantidas em solução salina a -5°C. Antes da confecção do ponto, a espessura e a largura dos tendões foram mensuradas. Os pontos foram confeccionados com instrumentos artroscópicos (Bird-Beak® e Tendon-Grasper®-Arthrex) e o fio usado foi o Fiber-wire® n° 2-Arthrex. A extremidade proximal do tendão foi fixada a um dispositivo tipo prensa e os fios foram fixados em uma peça do dispositivo de tração que tinha um orifício por onde os fios foram passados e amarrados em uma barra fixa, com pontos não deslizantes e com o uso de um empurrador de nós artroscópico. A amostra foi submetida a uma carga inicial de 30N por 60 segundos para pré-tensionar a sutura. O dispositivo de tração tinha uma escala milimetrada e com essa foi observada a força necessária para a formação de um afastamento de 5 mm, 10 mm e a força máxima suportada pela amostra; as causas das falhas também foram anotadas. (fig. 3)

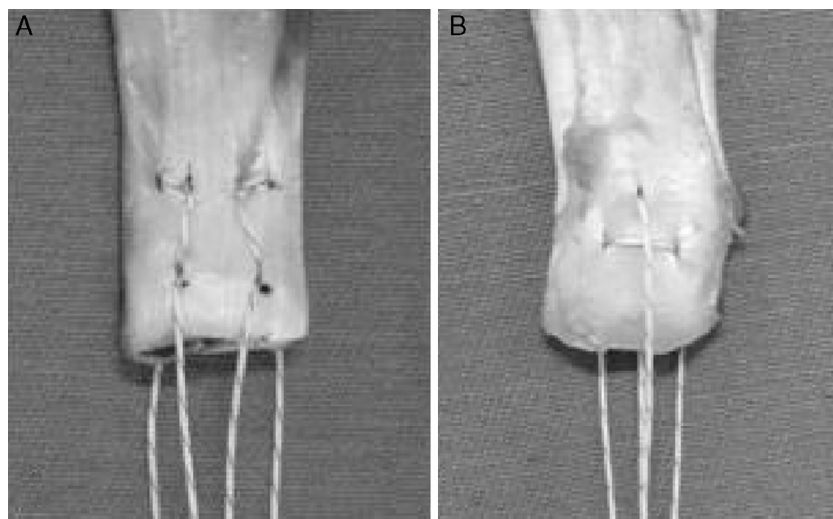


Figura 2 – (A) ponto duplo-laço bloqueado; (B) ponto Mason-Allen modificado.

A avaliação foi feita no laboratório de mecânica, com uma máquina de teste-padrão, de tração unidirecional (MTS, modelo Qtest), com velocidade constante de 20 mm por segundo, com célula de carga de 500 N e sem ciclagem de força.

Avaliação estatística

Foi feita análise descritiva para espaço 5 mm, 10 mm e força máxima medida em cada tipo de ponto. Uma vez que todas as aderências se verificaram, foram testadas para cada par de variáveis (medida nos dois tipos de ponto) suas igualdades de variância por meio do teste F de Fisher.

Foi então feito um teste t de Student para, no caso das variáveis peso, largura e espessura, verificar a igualdade entre suas médias e, no caso das variáveis espaço 5 mm, 10 mm e força máxima, verificar a superioridade da média obtida quando se usou o ponto DLB em relação à média obtida quando se usou o ponto MA.

Para todos os testes foi usado o nível de significância de 5%. Foram, portanto, rejeitadas as hipóteses cujos níveis descritivos (valor p) foram $< 0,05$.

Resultados

A [tabela 1](#) apresenta para cada variável o tipo de ponto usado, a média, o desvio padrão (DP), o mínimo, a mediana e o máximo valor obtido.

Para se comparar o espaço 5 mm, 10 mm e força máxima dos dois grupos, inicialmente foi feito um teste F para cotejo das variâncias. A seguir foi testada a hipótese de que a média das variáveis 5 mm, 10 mm e força máxima no grupo de ponto DLB era no máximo igual à média no grupo de ponto MA, usou-se o teste t de Student e concluiu-se que a média dessas variáveis no grupo de ponto DLB foi superior à do grupo MA, no nível de significância de 5%. ([figs. 4-6](#))

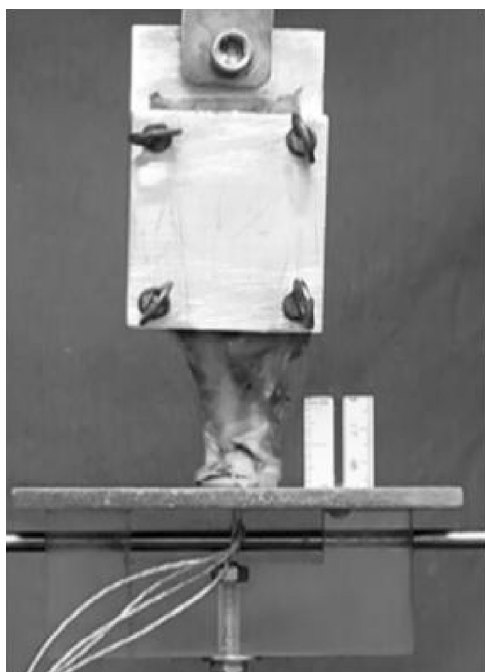


Figura 3 – Disposição dos pontos e plataforma de teste.

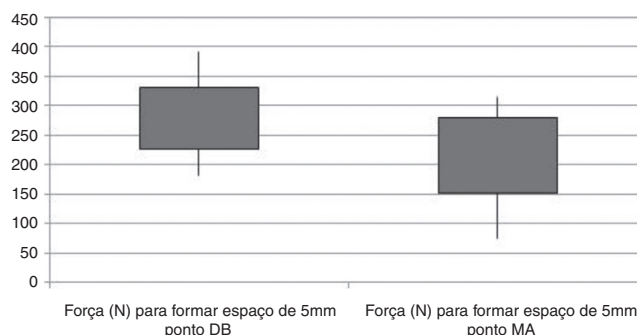


Figura 4 – Variação da força entre os grupos para formar um espaço de 5 mm.

Tabela 1 – Distribuição das variáveis

Variável	Ponto	Média	DP	Mínimo	Mediana	Máximo	Valor de p
Idade (anos)	DB	1,6	0,211	1,5	1,5	2,0	
	MA	1,5	0,00	1,5	1,5	1,5	
Peso (kg)	DB	22,46	1,226	20,4	22,3	24,5	0,280
	MA	22,62	1,783	20,3	22,1	25,2	
Largura (mm)	DB	17,65	1,658	14,9	17,8	20,0	0,536
	MA	17,15	1,34	14,20	17,15	19,0	
Espessura (mm)	DB	3,5	0,638	2,4	3,5	4,4	0,679
	MA	3,78	0,553	2,8	3,7	4,7	
Força para formar um espaço de 5 mm (N)	DB	286,6	64,1	183	301	392	0,010
	MA	203,3	80,5	73,5	209,3	315,5	
Força para formar um espaço de 10 mm (N)	DB	341,9	87,8	180	345,5	474,3	0,002
	MA	219,7	81,8	68,6	241	300	
Força máxima (N)	MA	246,7	83,6	121,4	287,1	335,9	

DP, desvio padrão; Mínimo, valor mínimo; Máximo, valor máximo.

Discussão

Uma sutura competente da LMR deve resistir à força inicial de tração do tendão, permitir o mínimo de afastamento possível entre as bordas e o leito ósseo e manter a estabilidade até que ocorra a cicatrização da lesão.⁴ Com sutura estável e resistente após a cicatrização obteremos novamente a unidade músculo-tendão-osso.

Após a observação do grande número de rerroturas, principalmente em lesões extensas, aumentou o interesse no desenvolvimento de novas técnicas para melhorar o resultado dessas cirurgias.¹¹⁻¹³ Estudos recentes mostram que o ponto-chave para manter essas propriedades mecânicas é

a interface entre a sutura e o tendão.^{3,4,6,9,10,14} Decorrentes disso, vários tipos de pontos artroscópicos foram descritos, desde os mais simples até os pontos em “U”, Mason-Allen modificado,⁴ Mac-Stitch¹⁴ e Lasso-Loop,⁸ todos com o objetivo de aumentar a resistência da fixação.

Acreditamos que a cicatrização está diretamente relacionada à vascularização do manguito rotador a ser reparado e, conseqüentemente, à menor área isquêmica. Conforme estudos anatômicos, a microvascularização dessa estrutura orienta-se no sentido paralelo ao de suas fibras tendinosas e progride de medial para lateral com uma área menos vascularizada na região do tendão do supraespal (área crítica de Codman).^{15,16} Em vista disso, pontos confeccionados transversalmente ao sentido da vascularização resultarão em maior área isquêmica e aumentarão, assim, a chance de rerrotura, o que não ocorre com o ponto DLB, pois os pontos são paralelos e respeitam a vascularização do tendão (fig. 11).

Com o objetivo de comparar o novo ponto desenvolvido, DLB, com o Mason-Allen modificado por Habermeyer, excluíram-se outros fatores que poderiam alterar os resultados das amostras, como as falhas relacionadas à interface tendão-osso (má qualidade óssea, erros no posicionamento, direcionamento, soltura e até o corte do fio de sutura no orifício das âncoras). Assim, com o modelo de tendão de ovinos conseguimos isolar e avaliar individualmente cada ponto quanto à força necessária para deslocamento de 5 mm, 10 mm e carga máxima para falha da amostra.

Diferentemente de Ponce et al.,¹⁷ não cortamos longitudinalmente os tendões, por causa de sua conformidade física ser mais consistente na parte mais próxima da espinha da escápula, porém obtivemos um menor número de amostra. Distribuímos os pontos nas nossas amostras e imaginamos o uso de uma âncora, portanto foram confeccionados dois DLB para um MA.

Nos nossos resultados evidenciamos uma superioridade do DLB sobre o MA, tanto na força necessária para formar 5 mm de espaço como 10 mm e também na resistência máxima de tração, o que confirma nossa hipótese e torna esse ponto uma opção na cirurgia de sutura do manguito rotador. Observamos durante o teste que o MA resultava em “estrangulamento” do tendão, o que é ruim quando pensamos na vascularização dele, o que não ocorre com o DLB.

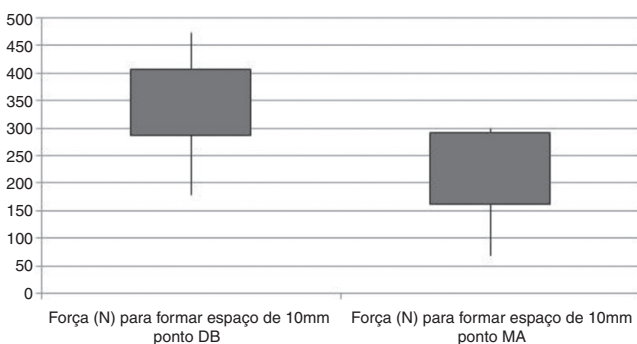


Figura 5 – Variação da força entre os grupos para formar um espaço de 10 mm.

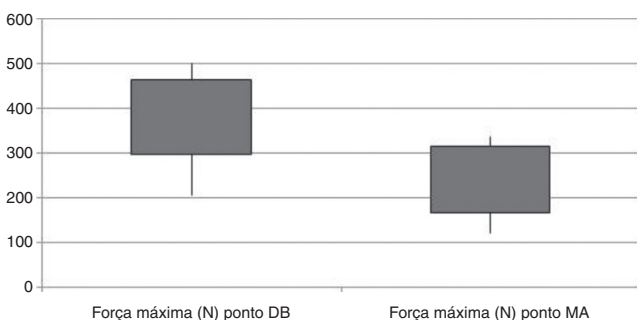


Figura 6 – Variação da força máxima entre os grupos.

Na comparação de nossos resultados de carga máxima com os resultados de outros autores de estudos biomecânicos com ovinos, observamos que o ponto DLB suportou as mais altas forças para a falha da amostra, porém não fizemos ciclagem, conforme descrita por Burkhart et al.,¹⁸ o que é uma importante limitação de nosso artigo e impede uma comparação mais fidedigna.

Evidentemente, os aspectos biológicos também são de fundamental importância no reparo das lesões do manguito rotador, porém não foram objeto deste estudo.

Conclusão

Confirmamos nossa hipótese de que o ponto com DLB é superior ao MA do ponto de vista biomecânico. Essa é mais uma opção de ponto para o cirurgião, quando precisa suturar tendões frágeis e pouco vascularizados, e melhora a qualidade da fixação sem aumentar o estrangulamento e, consequentemente, a área isquêmica.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- Miyazaki AN, Fregoneze M, Doneux PS, Silva LA, Sella GV, Santos RM, et al. Avaliação dos resultados das reoperações de pacientes com lesões do manguito rotador. *Rev Bras Ortop.* 2011;46(1):45-50.
- Boileau P, Brassart N, Watkinson DJ, Carles M, Hatzidakis AM, Krishnan SG. Arthroscopic repair of full-thickness tears of the supraspinatus: does the tendon really heal? *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(6):1229-40.
- Cummins CA, Murrell GA. Mode of failure for rotator cuff repair with suture anchors identified at revision surgery. *J Shoulder Elbow Surg.* 2003;12(2):128-33.
- Gerber C, Schneeberger AG, Beck M, Schlegel U. Mechanical strength of repair of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br.* 1994;76(3):371-80.
- Yamaguchi K, Levine WN, Marra G, Galas LM, Klepps S, Flatow E. Transitioning to arthroscopic rotator cuff repair: the pros and cons. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:144-55.
- Scheibel MT, Habermeyer P. A modified Mason Allen technique for rotator cuff repair using suture anchors. *Arthroscopy.* 2003;19(3):330-3.
- Krackow KA, Thomas SC, Jones LC. A new Stich for ligament-tendon fixation. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68(5):764-6.
- Lafosse L, Raebroeckx AV, Brzoska R. A new technique to improve tissue grip: "The lasso-loop stitch". *Arthroscopy.* 2006;22(11):e1-3, 1246.
- Gerber C, Scheneberger AG, Perren SM, Nyffeler RW. Experimental rotator cuff repair. A preliminary study. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(9):1281-90.
- Sileo MJ, Ruotolo CR, Nelson CO, Serra-Hsu F, Panchal AP. A biomechanical comparison of the modified Mason-Allen stitch and massive cuff stitch in vitro. *Arthroscopy.* 2007;23(3):235-40.
- Burkhart SS, Danaceau SM, Pearce CE Jr. Arthroscopic rotator cuff repair. Analysis of results by tear size and by repair technique: margin convergence versus direct tendon-to-bone repair. *Arthroscopy.* 2001;17(9):905-12.
- Ma CB, MacGillivray JD, Clabeaux J, Lee S, Otis JC. Biomechanical evaluation of arthroscopic rotator cuff stitches. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86(6):1211-6.
- Schneeberger AG, Roll AV, Kalberer F, Jacob HA, Gerber C. Mechanical strength of arthroscopic rotator cuff repair techniques. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(12):2152-60.
- MacGillivray JD, Ma CB. Arthroscopic stitch for massive rotator cuff tears: the Mac-stitch. *Arthroscopy.* 2004;20(6):669-71.
- Yepes H, Al-Hibishi A, Tang M, Morris SF, Stanish WD. Vascular anatomy of subacromial space: a map of bleeding points for the arthroscopic surgeon. *Arthroscopy.* 2007;23(9):978-84.
- Lohr JF, Uthoff HK. The vascular pattern of the supraspinatus tendon. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;254(1):35-8.
- Ponce BA, Hosermann CD, Raghava P, Tate JP, Eberhardt AW, Lafosse L. Biomechanical evaluation of 3 arthroscopic self-cinching stitches for shoulder arthroscopy. *Am J Sport Med.* 2011;39(01):188-94.
- Burkhart SS, Diaz Pagan JL, Wirth MA, Athanasiou KA. Cycling loading of anchor-based rotator cuff repairs: confirmation of the tension overload phenomenon and comparison of suture anchors fixation with transosseous fixation. *Arthroscopy.* 1997;13(6):720-4.