

Evaluación de Distintos Factores Técnicos Utilizados en la Reparación Artroscópica del Manguito Rotador: Estudio Experimental Biomecánico

Dr. Alex Vaisman Burucker,^{1,2} Gonzalo Labarca,² Maximilian Fingerhuth³

¹Departamento de Ortopedia y Traumatología Clínica Alemana de Santiago, Hospital Padre Hurtado, ²Docente Facultad de Medicina Clínica Alemana – Universidad del Desarrollo, ³Interno Medicina, Facultad de Medicina Clínica Alemana de Santiago Universidad del Desarrollo de Santiago, Chile

RESUMEN

Introducción: Existe una amplia variedad de factores técnicos que pueden repercutir en los resultados de la reparación artroscópica del manguito rotador.

Objetivo: Evaluar biomecánicamente el comportamiento de distintas alternativas técnicas para reparar el manguito rotador en un modelo animal.

Material y Método: 96 tendones infraespinosos de cordero se dividieron en 8 grupos de estudio. Para pasar la sutura se usaron combinaciones de pasadores artroscópicos de distinto diámetro (1 mm, 2 mm y 3 mm de diámetro), punto de sutura a 5 y 10 mm del borde libre del tendón roto y reparación con punto simple o mattress. Se aplicó una fuerza axial progresiva, hasta el fallo de la reparación.

Resultados: Menor resistencia: punto simple con pasador de 1 mm, a 5 mm del borde del tendón (100,2 N). Mayor resistencia: punto mattress con pasador de 2 mm, a 10 mm del borde del tendón (275,5N). La diferencia entre grupos fue significativa ($p < 0,05$).

Conclusiones: Los distintos parámetros técnicos evaluados inciden significativamente en la resistencia de la reparación del manguito rotador en este modelo animal.

Relevancia Clínica: El utilizar técnicas más resistentes para reparar el manguito rotador en humanos podría asociarse a una menor re-rotura del tendón y por consiguiente a un resultado funcional superior.

Tipo de Estudio: Estudio Biomecánico.

Palabras Clave: Evaluación Biomecánica, Reparación del Manguito Rotador, Artroscopia de Hombro.

ABSTRACT

Introduction: There are several technical factors which influence the resistance of a rotator cuff repair.

Purpose: To biomechanically evaluate, in an animal model, the resistance of different technical factors commonly used in arthroscopic rotator cuff repair.

Material and Methods: 96 lamb infraspinatus tendons were divided into 8 study groups ($n=12$). Different combinations of arthroscopic suture passers (1 mm, 2 mm and 3 mm in diameter), suture to tear distance of 5 and 10 mm, and simple or mattress stitches were used. Axial traction until failure of the samples was applied.

Results:

Lower resistance: Simple stitch at 5 mm from the tear using a 1 mm passer (100,2 N).

Higher resistance: Mattress stitch at 10 mm from the tear using a 2mm passer (275.5N).

The differences amongst groups were significant ($p < 0.05$).

Conclusions: The different parameters evaluated in this animal study show a significant impact in the resistance of a rotator cuff repair.

Clinical Relevance: Using a more resistant technique in humans could improve the postoperative re-tear rates and thus positively influence the functional outcome in patients.

Type of Study: Biomechanical Study.

Keywords: Biomechanical Study, Rotator Cuff Repair, Shoulder Arthroscopy.

INTRODUCCIÓN

La alta incidencia de roturas sintomáticas del manguito rotador y un mejor diagnóstico de las mismas han impulsado, en la última década, un gran desarrollo de las técnicas quirúrgicas para la reparación de estas lesiones. En especial las técnicas de reparación artroscópica, al ser mínimamente invasivas, han pasado a ser el estándar dorado en la mayoría de los casos.¹ Al respecto han habido nota-

bles avances en cuanto al instrumental, los materiales de sutura y anclaje, los tipos de nudos artroscópicos y en definitiva, en cuanto a las técnicas de reparación artroscópica, lográndose cada vez reparaciones más resistentes.

Se sabe que la falla precoz de una reparación artroscópica del manguito rotador no es un evento infrecuente, con incidencias reportadas de hasta un 94% detectable con ultrasonografía, arthroTAC o resonancia magnética.²⁻⁵ La re-rotura del manguito rotador se ha asociado a un deterioro de la función y aumento del dolor del hombro a través del tiempo.⁶

Las fallas precoces de una reparación artroscópica se atribuyen principalmente a una insuficiencia de la unión tendón-sutura, sutura-ancla o pérdida del anclaje al hue-

Alex Vaisman Burucker

Av. Vitacura 5951, Vitacura, Santiago, Chile

+56 2 2101014

avaismab@hotmail.com

Ninguno de los autores presenta conflicto de intereses en este trabajo.

so.⁷ Sin embargo, la mayoría de las fallas ocurren a nivel de la interface sutura – tendón, ya que la resistencia del tejido reparado corresponde, generalmente, al punto más débil de la reparación.⁸ Esto genera un “gap” entre tendón y hueso, con la consecuente ausencia de cicatrización entre manguito rotador y húmero.

Teóricamente, una reparación artroscópica más resistente del manguito rotador debiera relacionarse con una mayor tasa de cicatrización de la lesión, con resultados funcionales más favorables.

Múltiples estudios biomecánicos han evaluado la resistencia de distintos puntos artroscópicos, siendo el punto simple uno de los más débiles y el punto mattress (o colchonero) uno de los más sencillos y resistentes.² Sin embargo, no existen estudios que evalúen el rol que podría tener el diámetro del pasador artroscópico, ni la distancia al borde de la reparación en la resistencia del tejido y por ende, en la reparación.

El objetivo de este estudio es evaluar biomecánicamente en un modelo animal, el efecto que distintas variables técnicas ejercen sobre la resistencia al punto máximo de falla bajo tracción axial continua de la reparación del manguito rotador, a saber: el diámetro de los pasadores artroscópicos, la distancia al borde del tendón y el tipo de punto utilizado. Nuestra hipótesis de trabajo es que un mayor diámetro del pasador asociado a una menor distancia del borde del tendón y al uso de un punto simple, favorecen una menor resistencia final de la reparación. Por el contrario, un pasador de diámetro menor, con un punto mattress que pasa a mayor distancia del borde de la rotura, presentaría una mayor resistencia a la tracción axial del tendón reparado.

MATERIAL Y MÉTODO

Trabajo experimental en 96 tendones infraespinosos de cordero obtenidos de animales de entre 3 a 6 meses de edad con un peso de 30 ± 5 Kg. Las muestras fueron disecadas del hombro de los animales al primer día post mortem y probadas biomecánicamente ese mismo día, en fresco. Esta investigación fue realizada bajo un modelo experimental ex-vivo y previa autorización del centro de bioética de la Universidad del Desarrollo.

Para fines prácticos, la metodología de nuestro estudio se dividió en dos partes: en la primera, se realizaron 6 grupos de 12 tendones cada uno, probando todas las combinaciones posibles entre los pasadores artroscópicos de 1 mm (aguja espinal), 2 mm (Suture Lasso®, Arthrex, Naples, FL) y 3 mm (Penetrator®, Arthrex, Naples, FL) de diámetro (Fig. 1) y los distintos tipos de puntos: punto simple y mattress (Fig. 2). La distancia, medida desde la pasada de la sutura a través del tendón (reparación) hasta el



Figura 1: Instrumental de distinto diámetro utilizado para la reparación artroscópica del manguito rotador, de arriba hacia abajo, Suture Lasso® (2 mm), Penetrator® (3 mm), Aguja Espinal (1 mm).

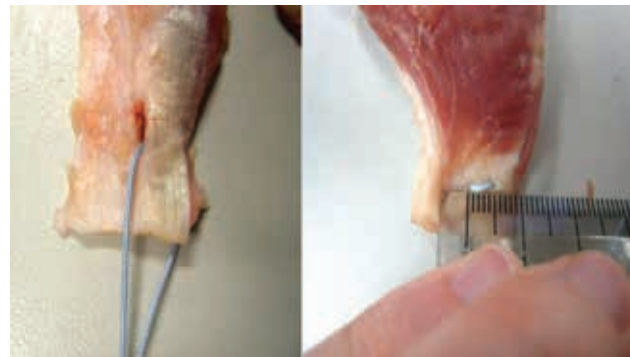


Figura 2: Fotografía que muestra los tipos de puntos utilizados en este estudio. En la izquierda el punto simple. En la derecha punto mattress (colchonero), que se estandarizó a una distancia de 5 mm entre cada pasada por el tendón, para todas las muestras que utilizaron esta técnica.



Figura 3: Medición desde el sitio de reparación hasta el borde libre de la rotura del tendón infraespinoso de cordero. La reparación se realizó a 2 distancias diferentes: 5 y 10 mm del borde libre.

borde libre de la rotura, se estandarizó en 10 mm para todas las muestras (Fig. 3). La distribución de los grupos fue de la siguiente manera:

1. Punto Simple realizado a 10 mm de la rotura con:
 - Aguja Espinal.
 - Suture Lasso.®
 - Penetrator.®

TABLA 1: GRUPOS DE ESTUDIO.

Grupo	Nº Tendones	Pasador	Distancia al borde	Tipo de nudo
1	12	Aguja espinal	10 mm	Simple
2	12	Aguja espinal	10 mm	Mattress
3	12	Suture Lasso	10 mm	Simple
4	12	Suture Lasso	10 mm	Mattress
5	12	Penetrator	10 mm	Simple
6	12	Penetrator	10 mm	Mattress
7	12	Aguja espinal	5 mm	Simple
8	12	Suture Lasso	5 mm	Mattress

2. Punto Mattress realizado a 10 mm de la rotura con:
- Aguja Espinal.
 - Suture Lasso.®
 - Penetrator.®

La segunda parte metodológica correspondió en evaluar el impacto de la distancia, como variable, sobre la resistencia biomecánica de la reparación. Para eso se tomó la combinación pasador–punto, que presentó la menor resistencia junto con la combinación que presentó la mayor resistencia al realizar la reparación a 10 mm del borde libre de la rotura. Se reprodujeron las mismas condiciones bio-

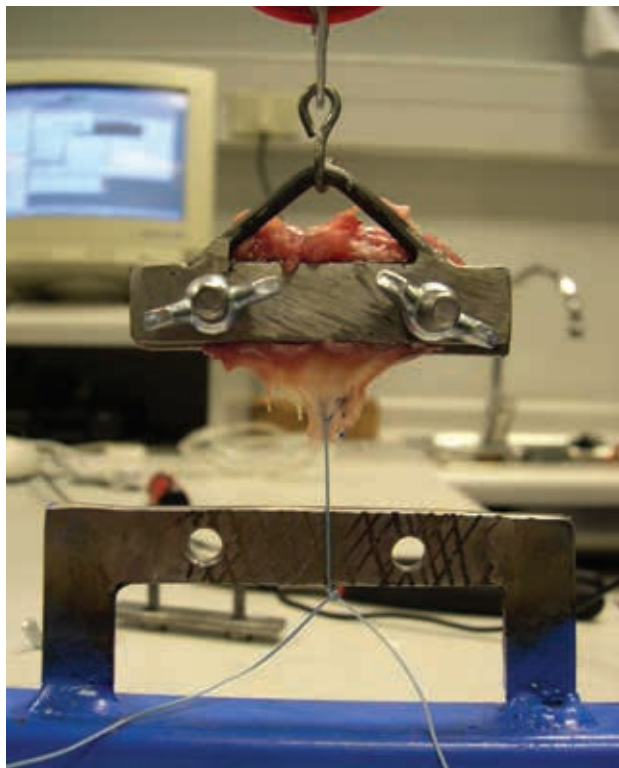


Figura 4: Foto de un tendón reparado listo para ser probado bajo tracción axial continua. La sutura de la reparación se ancla a un soporte metálico y la unión mio-tendínea se fija mediante una prensa al aparato de tracción, conectado a través de un transductor al computador para registro de las fuerzas.

mecánicas, sólo modificando la distancia, estableciéndola a 5 mm del borde de la rotura. De esta forma, se agregaron dos grupos adicionales de 12 muestras cada uno. Un resumen de las características de cada grupo en estudio se incluye en la Tabla 1.

Cada muestra fue anclada a un soporte metálico a través de la sutura de la reparación. El extremo opuesto, es decir la unión mio-tendínea, fue fijada a una prensa, a su vez conectada con un sistema de tracción y un transductor mecano-eléctrico PASCO® (Roseville, California, USA) (Fig. 4). Se aplicó una fuerza axial y progresiva hasta conseguir el punto máximo de fallo (PMF). La información se registró computacionalmente mediante el software Data Studio 1.9.8.9, documentando la curva de fuerza aplicada sobre la muestra (Newtons) hasta después del fallo de la misma, generándose una caída brusca en la curva al momento de fallar la reparación.

Los datos obtenidos fueron analizados por medio de la técnica no paramétrica de Kruskal-Wallis y U-Mann Whitney para ver la significancia de los datos de un grupo respecto al otro. Se estableció como significancia un $p < 0,05$ con una potencia estadística del 90%. El análisis estadístico se realizó con el software SPSS versión 15.1 para Windows.

RESULTADOS

Los datos correspondientes a la fuerza media y a la desviación estándar por grupo se resumen en la Tabla 2. Destaca que la menor resistencia media fue para el grupo reparado con punto simple a 5 mm del borde, con pasador de 1 mm (100,2 N). Por el contrario, la mayor resistencia la presentó el grupo con punto mattress a 10 mm del borde, con pasador de 2 mm (275,5 N).

Análisis Estadístico:

Efecto del Diámetro del Pasador: Al comparar los grupos por distinto diámetro del pasador de sutura, se observa

TABLA 2: RESISTENCIAS MEDIAS A LA TRACCIÓN AXIAL (NEWTON) DE LOS DIFERENTES GRUPOS EN ESTUDIO. RESISTENCIA (NEWTON)

Grupo	Media	N	Desv. típ.
1	128,6154782	12	50,14682167
2	190,3272397	12	66,61944328
3	169,1538888	12	105,26025171
4	275,4752698	12	83,75878693
5	178,2055602	12	78,09006720
6	185,7196733	12	70,76259393
7	100,2140715	12	46,53362173
8	134,2600023	12	51,10201392
Total	170,2463980	96	85,02565396

que no hay diferencias significativas entre los grupos excepto cuando se utiliza punto mattress con pasador de 2 mm (Suture Lasso®), siendo este grupo significativamente más resistente que el resto de los grupos ($p < 0,05$). Cabe mencionar que pese a que el grupo de reparación con pasador de 2 mm y punto simple no es significativamente más resistente que los otros grupos de pasadores con punto simple, sí hay una tendencia a mayor resistencia al utilizar este pasador.

Efecto de la Distancia al Borde Libre: Al comparar los grupos con distinta distancia entre reparación y borde libre de la rotura, se observa que hay una mayor resistencia que es estadísticamente significativa con punto mattress a 10 mm del borde que a 5 mm ($p = 0,012$). Sin embargo, esta diferencia no es significativa al utilizar punto simple ($p = 0,198$).

Efecto del Tipo de Nudo: Al comparar los grupos por tipo de nudo distinto, se observa que el punto mattress presenta una significativa mayor resistencia que el punto simple en todos los grupos ($p < 0,05$).

DISCUSIÓN

El éxito de la reparación del manguito rotador depende de múltiples variables técnicas y biológicas, que influirán finalmente en el resultado funcional para cada paciente.

El propósito de este trabajo fue simplificar la evaluación mecánica de 3 variables técnicas y su efecto biomecánico, sobre la resistencia a la tracción axial hasta el punto en que falla la reparación artroscópica del manguito rotador en un modelo animal. Se escogió el modelo ovino ya que la utilización del tendón infraespinoso de ovino para la evaluación biomecánica de materiales y técnicas artroscópicas de hombro, es de fácil acceso en nuestro medio y se encuentra ampliamente validado en la literatura.^{6, 8-10}

En cuanto a la técnica de tracción mecánica empleada, se utilizó una fuerza axial continua hasta el fallo para determinar la tracción máxima de cada técnica a evaluar. La mayor parte de los estudios evalúan la tracción máxima en relación a fuerzas cíclicas, por lo que destaca este estudio al evaluar de manera distinta la resistencia entre diversas cargas físicas.^{6,7,11,12} El modelo ideal habría sido aplicar cada técnica quirúrgica en modelos in vivos en seres humanos y medir la resistencia a las fuerzas mecánicas in vivo, pero esto sería éticamente cuestionable. En base a lo anterior, determinamos que la mejor forma de llevar a cabo nuestro estudio sería analizar las cargas máximas de cada técnica en forma gradual continua y no cíclica, ya que lo que se pretende en definitiva es determinar la resistencia final de la reparación, comparando distintos factores técnicos sobre la unión tendón-sutura, que corresponde al sitio de mayor falla de la reparación con las técnicas y materiales actuales.

La hipótesis de trabajo empleado fue que el uso de un pasador de sutura de mayor diámetro, asociado a un punto simple y una menor distancia desde la reparación hasta el borde libre de la rotura debieran generar una reparación más débil, reflejada en un punto de falla a la tracción axial de menor magnitud. Nuestros resultados confirman esta hipótesis parcialmente. En efecto, un punto simple es menos resistente a la tracción axial que un punto mattress bajo similares condiciones experimentales, lo cual concuerda con la literatura internacional.² Asimismo, realizar la reparación a una menor distancia del borde de rotura supone un menor reclutamiento de fibras colágenas que dan resistencia al tendón, generando una menor resistencia a la tracción axial de la reparación, ya que hay menos tejido tendinoso que oponga resistencia al trayecto que sigue la rotura, con lo cual la reparación falla antes.

Existen múltiples estudios biomecánicos que evalúan el efecto de distintos factores que influyen en la reparación del manguito rotador. Estudios recientes ponen énfasis en evaluar la resistencia de la reparación con doble fila y la restitución anatómica del "footprint" del manguito en el húmero, con resultados biomecánicos auspiciosos cuando se utiliza esta técnica.^{4,11,13,14} Sin embargo, pese a que intuitivamente un pasador de sutura de mayor diámetro podría producir mayor daño en el tendón, afectando la resistencia en la unión tendón-sutura, no hemos encontrado trabajos que evalúen este efecto como un factor a considerar en la resistencia final de la reparación. Nuestro estudio demostró que el diámetro del pasador no influye en forma significativa en la resistencia de la reparación, salvo al usar el pasador de 2 mm (Suture Lasso®) con punto mattress. Esto puede deberse a que este tipo de pasador, a diferencia de la aguja espinal (1 mm) y del Penetrator® (3 mm), no ejerce un vector de fuerza perpendicular a las fibras al

penetrar el tejido, si no que ejerce un vector en espiral, que podría generar menos rotura de fibras del tendón, que normalmente se encuentran alineadas longitudinalmente. Este efecto tendría relación con la morfología del pasador y no con el diámetro de éste. Faltan estudios que comparen pasadores morfológicamente iguales pero que difieran sólo en su diámetro, para poder confirmar si hay verdaderamente una relación inversa entre diámetro del pasador y resistencia de la reparación artroscópica del manguito rotador.

CONCLUSIONES

La reparación del tendón infraespinoso de cordero con punto mattress y una distancia de 10 mm del borde libre de la rotura del tendón, aumentan la resistencia del punto máximo de falla a la tracción axial de la reparación, al compararlo con punto simple y una distancia de 5 mm al borde.

Aunque el diámetro del pasador de sutura no influiría en la resistencia de la reparación con punto simple, si hay mayor resistencia con pasador de 2 mm realizando punto mattress. Este errático resultado puede deberse a una morfología distinta de los pasadores que afecte la resistencia final de la reparación. Faltan estudios que comparen la resistencia de la reparación utilizando pasadores de distinto diámetro con igual configuración tridimensional.

RELEVANCIA DEL ESTUDIO

El conocer la resistencia de los distintos factores técnicos para la reparación artroscópica del manguito rotador puede ayudar a una mejor toma de decisiones intraoperatoria, que beneficie la resistencia de la reparación y, en última instancia, a la función del hombro del paciente, basándose en evidencia biomecánica.

BIBLIOGRAFÍA

- Lo Y.K., Burkhart S. Current Concepts in Arthroscopic Rotator Cuff Repair. *Am J Sports Med* 2003;31(2):308-324.
- Ma CB, MacGaillivray JD, Clabeaux J, Lee S, Otis JC. Biomechanical evaluation of arthroscopic rotator cuff stitches. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:1211-1216.
- Liu SH, Baker CL. Arthroscopically assisted rotator cuff repair: Correlation of functional results with integrity of the cuff. *Arthroscopy* 1994;10:54-60.
- Meier SW, Meier JD. The Effect of Double-Row Fixation on Initial Repair Strength in Rotator Cuff Repair: A Biomechanical Study. *Arthroscopy* 2006;22(11):1168-1173.
- Petit CJ, Boswell R, Mahar A, Tasto J, Pedowitz RA. Evaluation of a New Technique for Rotator Cuff Repair. *Am. J. Sports Med.* 2003;31(6): 849-853.
- Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:219-224.
- Sileo M, Ruotolo C, 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):235-240.
- Turner S. Experiences with sheep as an animal model for shoulder surgery: Strengths and shortcomings. *J Shoulder Elbow Surg* 2007;16:158S-163S.
- Schlegel TF, Hawkins RJ, Lewis CW, Turner S. An in vivo comparison of the modified Mason-Allen suture technique versus an inclined horizontal mattress suture technique with regard to tendon-to-bone healing: A biomechanical and histologic study in sheep. *J Shoulder Elbow Surg* 2007;16:115-121.
- Baleani M, Schrader S, Veronesi CA, Rotini R, Giardino R, Toni A. Surgical repair of the rotator cuff: a biomechanical evaluation of different tendon grasping and bone suture fixation techniques. *Clinical Biomechanics* 2003;18:721-729.
- Kim DH, ElAttrache NS, Tibone JE, Jun B, DeLaMora SN, Kvitne RS, Lee TQ. Biomechanical Comparison of a Single-Row Versus Double-Row Suture Anchor Technique for Rotator Cuff Repair. *Am. J. Sports Med* 2006;34(3):407-414.
- Cummins CA, Murrell GA. Mode of failure for rotator cuff repair with suture anchors identified at revision surgery. *J Shoulder Elbow Surg* 2003;12:128-33.
- Smith CD, Alexander S, Hill AM, Huijsmans PE, Bull AMJ, Amis AA, De Beer JF, Wallace AL. A Biomechanical Comparison of Single and Double-Row Fixation in Arthroscopic Rotator Cuff Repair. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(11):2425-2431.
- Ma CB, Comerford L, Wilson J, Puttitz CM. Biomechanical Evaluation of Arthroscopic Rotator Cuff Repairs: Double-Row Compared with Single-Row Fixation. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(2):403-410.