



Las anclas de sutura muestran mayor resistencia que los tornillos de interferencia para la tenodesis del bíceps

Suture Anchors Display Higher Resistance than Interference Screws for Biceps Tenodesis

Rodrigo de Marinis¹ Julio J. Contreras¹  Daniel Paccot² Felipe Palma³ Pablo Besa¹ Felipe Toro²
Rodrigo Guzmán³ René Pozo²

¹Unidad de Hombro y Codo, Departamento de Ortopedia y Traumatología, Facultad de Medicina, Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

²Unidad de Hombro y Codo, Clínica Alemana de Santiago, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile

³Laboratorio LIBFE, Escuela de Kinesiología, Universidad de los Andes, Santiago, Chile

Address for correspondence Julio J. Contreras, MD, Unidad de Hombro y Codo, Departamento de Ortopedia y Traumatología, Facultad de Medicina, Escuela de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago 12455, RM, Chile (e-mail: juliocontrerasmd@gmail.com).

Rev Chil Ortop Traumatol 2024;65(2):e58–e64.

Resumen

Objetivo Evaluar cuatro técnicas de fijación diferentes para la tenodesis del bíceps.

Materiales y Métodos En total, 32 hombros de ovejas frescos congelados fueron divididos aleatoriamente en 4 grupos iguales según cada técnica de tenodesis: tornillo biotenodesis (TBT), tornillo de tenodesis SwiveLock (TSL) (Arthrex, Inc., Naples, FL, Estados Unidos), triple *lasso-loop* (TLL), y doble *lasso-loop* (DLL). Todas las tenodesis se realizaron suprapectoralmente en la corredera bicipital. Para los tornillos de interferencia (TI), no se añadieron nudos adicionales después de la fijación. Todas las muestras fueron sometidas a carga de falla final (CFF), y se calculó el punto de cedencia (PC). Se registró el modo de fallo para cada muestra, y se realizó un análisis estadístico utilizando una prueba de Kruskal-Wallis y la prueba *post hoc* de Dunn. Se consideró significativo un valor de $p < 0,05$.

Resultados La CFF registrada para cada grupo experimental fue la siguiente: grupo TBT = 126,2 (rango: 94,8–161,1) N; grupo TSL = 95,8 (rango: 75,9–130) N; grupo DLL = 208,4 (rango: 195,3–219,5) N; y grupo TLL = 261,4 (rango: 194,9–306,5) N. El modo de fallo para todas las muestras en los grupos TI fue la extracción del tendón de la fijación, mientras que las muestras en los grupos de anclaje de sutura (AS) en su mayoría fallaron por ruptura del tendón. Ambas técnicas de AS mostraron una CFF y un PC significativamente más altos cuando se compararon con cada técnica de TI ($p < 0,01$). No hubo diferencias significativas en términos de la CFF o del PC logrados entre el uso de DLL y de TLL.

Palabras Clave

- bíceps
- tenodesis
- anclaje de sutura
- tornillo de interferencia

recibido
28 de diciembre de 2022
aceptado
02 de abril de 2024

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0044-1787735>.
ISSN 0716-4548.

© 2024. Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología. All rights reserved.

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

Conclusión En este modelo de prueba cadavérica animal, las técnicas de AS demostraron una CFF más alta en comparación con las técnicas de TI sin nudos. Específicamente, dentro de las técnicas de AS, se encontró que la resistencia mecánica a la carga axial de DLL es comparable a la de TLL.

Nivel de Evidencia Estudio de ciencia básica.

Abstract

Objective To assess four different fixation techniques for biceps tenodesis.

Materials and Methods A total of 32 fresh frozen sheep shoulders were randomly divided into 4 equal groups according to each tenodesis technique: Biotenodesis screw (BTS), SwiveLock tenodesis screw (SLS) (Arthrex, Inc., Naples, FL, United States), triple lasso-loop (TLL), and double lasso-loop (DLL). All tenodesis were performed suprapectorally at the bicipital groove. For interference screws (ISs), no additional knots were added after fixation. All specimens were tested for ultimate load to failure (ULF), and the yield point (YP) was calculated. The mode of failure was recorded for each specimen. The statistical analysis was performed using a Kruskal-Wallis test and the Dunn post-hoc test. Significance was set at $p < 0.05$.

Results The ULF recorded for each experimental group was as follows: BTS group = 126.2 (range: 94.8–161.1) N; SLS group = 95.8 (range: 75.9–130) N; DLL group = 208.4 (range: 195.3–219.5) N; and TLL group = 261.4 (range: 194.9–306.5) N. The mode of failure for all specimens in the IS groups was tendon pullout from fixation, while specimens in the suture anchor (SA) groups mostly failed by tendon rupture. Both SA techniques showed a significantly higher ULF and YP when compared with each IS technique ($p < 0.01$). There were no significant differences in terms of the ULF or YP achieved between the use of DLL and of TLL.

Conclusion In the present animal cadaveric testing model, SA techniques demonstrated a higher ULF when compared with knotless IS techniques. Specifically, within the SA techniques, the mechanical resistance to axial load of the DLL was found to be comparable that of the TLL.

Level of Evidence Basic science study.

Keywords

- ▶ biceps
- ▶ tenodesis
- ▶ suture anchor
- ▶ interference screw

Introducción

La patología de la cabeza larga del tendón del bíceps (CLTB) es una fuente ampliamente reconocida de dolor en el hombro.¹⁻⁴ La evidencia disponible muestra que la tenodesis del bíceps es un procedimiento eficaz y seguro para tratar la patología de la CLTB cuando está indicada la cirugía.⁵⁻⁹

Se han descrito diferentes métodos de fijación para la tenodesis de la CLTB,^{10,11} siendo los anclajes de sutura (AS) y los tornillos de interferencia (TI) los más utilizados. Estudios previos¹²⁻¹⁵ han comparado estos métodos de fijación, con resultados mixtos. Cuando se utiliza AS, la técnica del nudo puede influir en la resistencia mecánica de la tenodesis a las cargas axiales.¹⁶ Lafosse et al.¹⁷ describen el uso de un triple *lasso-loop* (TLL) para la tenodesis y reparación del tendón, mientras que Bois et al.¹⁸ recomiendan un doble *lasso-loop* (DLL) para la tenodesis AS de la CLTB.¹⁸ Para TI, muchos autores¹⁹⁻²¹ describen una técnica sin nudos que evita el uso de un nudo de seguridad. Por lo que sabemos, las técnicas de tenodesis con AS que utilizan TLL o DLL no se han probado biomecánicamente ni se han comparado directamente con los TI sin nudos en la literatura disponible.

Dada su similitud con la anatomía humana, los modelos de tenodesis de la CLTB en ovejas han sido validados.²²⁻²⁵ El propósito de este estudio es evaluar biomecánicamente (resistencia mecánica y límite elástico) cuatro técnicas diferentes de tenodesis en un modelo de oveja cadavérica.

Nuestra hipótesis es la de que las de técnicas de fijación TLL y DLL demostrarán una resistencia mecánica superior y un límite elástico más alto cuando sometidas a cargas axiales, en comparación con las técnicas probadas con TI sin nudos.

Materiales y Métodos

Después de obtener la aprobación del comité de ética institucional, se adquirieron 35 paletas de oveja frescas congeladas de un distribuidor local autorizado. Todas las muestras tenían entre 8 y 10 meses para garantizar una calidad ósea adecuada. Cada muestra se descongeló a temperatura ambiente durante un día antes de la disección. En tres muestras, la articulación del hombro no estaba intacta al llegar a nuestro laboratorio, y fueron excluidas del estudio. La cabeza larga del músculo bíceps se diseccionó cuidadosamente

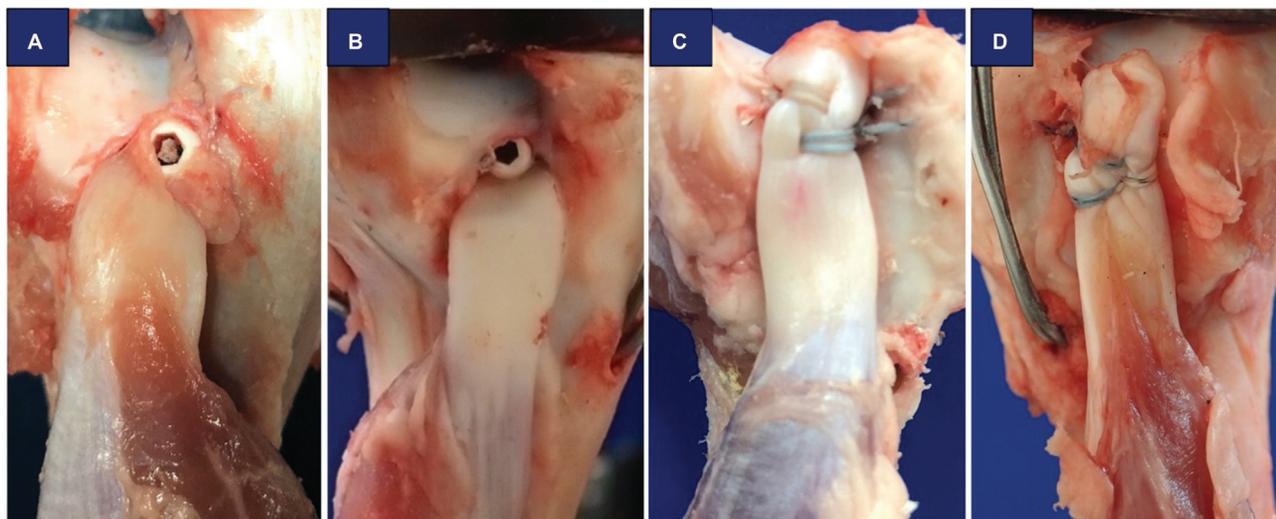


Fig. 1 Técnicas de tenodesis de la cabeza larga del bíceps realizadas en el surco bicipital. (A) Tenodesis sin nudos con tornillo de biotenodesis. (B) Tenodesis sin nudos con tornillo SwiveLock (C) Tenodesis con lazo doble. (D) Tenodesis con lazo triple.

y se separó de su extremo proximal y distal. Luego, se liberó el húmero de todo el tejido blando circundante y se osteotomizó con una sierra oscilante en el extremo distal de la diáfisis.

Técnica Quirúrgica

Una vez completada la disección, todas las muestras se sometieron a tenodesis de la CLTB realizada 2 cm distal al margen articular del húmero, en el surco bicipital.

La técnica para cada grupo fue la siguiente:

1. Tornillo de biotenodesis (TBT): se utilizó sutura Fiberwire número 2 (Arthrex, Inc., Naples, FL, Estados Unidos) para suturar los últimos 2 cm del extremo proximal de la CLTB. Luego, se perforó un túnel de $8,5 \times 30$ mm en el surco bicipital. Los extremos libres de la sutura Fiberwire se pasaron a través del asa distal del destornillador canulado de biotenodesis y se recuperaron por su mango. Luego se empujó el extremo proximal de la CLTB dentro del túnel y se logró la fijación mediante un TBT de 8×23 mm. A continuación, se cortaron los extremos de la sutura, sin realizar ningún nudo adicional (**Fig. 1A**).
2. Tornillo de tenodesis SwiveLock (TSL; Arthrex): se suturó el tendón proximal del bíceps de la misma manera que en el grupo anterior, y se perforó un túnel de $6,5 \times 25$ mm en el surco bicipital. La fijación se logró con un TSL de $6,25 \times 19,1$ mm, y los extremos de la sutura se cortaron después de la fijación (**Fig. 1B**).
3. Doble *lasso-loop* (DLL): utilizando la misma fijación con AS que el grupo TLL, se realizó un DLL como lo describen Bois et al.¹⁸ (**Fig. 1C**). Luego, se aseguró la fijación con un nudo de cinco vueltas.
4. Triple *lasso-loop* (TLL): se fijó un anclaje BioComposite Corkscrew FT (Arthrex) de doble carga de $5,5 \times 14,7$ mm en el surco bicipital. Se realizó un TLL como lo describen Lafosse et al.¹⁷ en el extremo proximal del tendón del bíceps. Esta técnica consiste en pasar tres bucles consecutivos a través del tendón y asegurarlos con un nudo de cinco vueltas (**Fig. 1D**).

Pruebas biomecánicas

Después de realizar la tenodesis de la CLTB en cada grupo, el extremo distal del músculo y tendón del bíceps se reforzó con una sutura Krakow para evitar fallas en este sitio y permitir un anclaje seguro a la pinza de prueba (**Fig. 2A**). La cabeza humeral se aplanó con una sierra oscilante, y luego se fijó con un alambre de 1,5 mm a través de un túnel de 3 mm perforado en la cabeza humeral (evitando el área de tenodesis). Luego, cada espécimen se montó en una estructura hecha a medida, uniendo la cabeza humeral en sentido proximal y el extremo distal del bíceps previamente reforzado en sentido distal (**Fig. 2C**). La pinza de prueba fue diseñada como lo informaron anteriormente Shi et al.,²⁶ y estaba vinculada a un transductor de fuerza conectado a un sistema computarizado (Stress-Strain, Kinetecnics, Santiago, Chile).

Se aplicó una fuerza de precarga de 5 N a todas las muestras. Luego, se aplicó una carga axial paralela al eje de la diáfisis humeral a una velocidad constante de 1 mm/s hasta el fallo. Se registró la carga de falla final (CFF) como lo describen Golish et al.,²⁷ y se estableció el punto de fluencia (PF) para cada medición. Se anotó el modo macroscópico de falla para cada muestra.

Análisis estadístico

El poder del estudio se fijó en 80%, y α se fijó en 0,05. Utilizando la CFF informada por Patzer et al.,¹² se necesitaba incluir un tamaño de muestra de seis tendones en cada grupo para alcanzar significancia. No obstante, decidimos medir ocho para cada grupo para aumentar el poder estadístico.

El análisis estadístico se realizó mediante una prueba de Kruskal-Wallis para evaluar las diferencias de medianas entre los grupos. Se utilizó la prueba *post hoc* de Dunn (con ajuste de Bonferroni) para determinar la importancia de las comparaciones por pares. Para cada comparación, se realizaron el tamaño del efecto de Cohen y un análisis de potencia *post hoc*. La significancia se fijó en un valor de

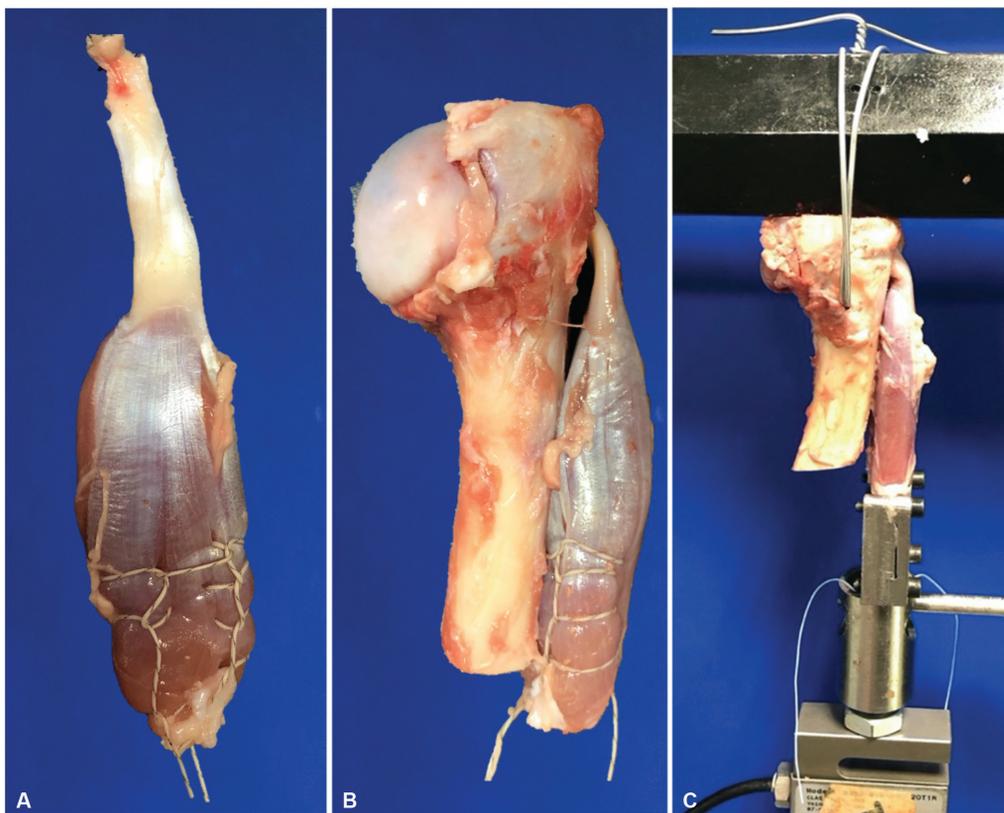


Fig. 2 Montaje de los ejemplares. (A) Tendón del bíceps aislado con sutura de Krakow para reforzar el músculo y el tendón distal. (B) Tenodesis realizada en el surco bicipital y cabeza aplanada con un corte de sierra oscilante. (C) Muestra montada en una estructura de prueba hecha a medida para probar la carga axial. Hay que tener en cuenta que los alambres de fijación evitan el área de tenodesis.

$p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa STATA 14/IC (StataCorp LLC, College Station, TX, Estados Unidos).

Resultados

Un total de 32 ejemplares de ovejas se dividieron en 4 grupos iguales ($n=8$). Las CFF registradas para cada grupo experimental fueron las siguientes: grupo TBT = 126,2 (rango: 94,8–161,1) N; grupo TSL = 95,8 (rango: 75,9–130) N; grupo DLL = 208,4 (rango: 195,3–219,5) N; y grupo TLL = 261,4 (rango: 194,9–306,5) N (► **Tabla 1**).

El grupo TLL tuvo una CFF significativamente mayor que los grupos TSL ($p < 0,01$) y TBT ($p < 0,01$). No encontramos diferencias estadísticamente significativas entre la mediana de la CFF del grupo TLL en comparación con el DLL ($p > 0,99$) (► **Tabla 1**). En general, las técnicas de anclaje con sutura (TLL y DLL) produjeron una CFF más alta en comparación con las técnicas de TI (TSL y TBT) ($p < 0,01$), como se muestra en ► **Fig. 3**.

Concordantemente, el análisis del PF mostró una diferencia significativa entre las técnicas AS e TI. (► **Fig. 4**). Aunque el grupo TLL tuvo un PF más alto que el DLL, esta diferencia no alcanzó significación estadística.

Para todas las muestras de los grupos TSL y TBT, el modo de falla fue la extracción del tendón de la fijación (► **Fig. 5**). En el grupo TLL, seis fallaron en la unión miotendinosa, uno, en el sitio de fijación del nudo, y uno, en el ojal del anclaje.

Finalmente, en el grupo DLL, cinco fallaron en el sitio de fijación del nudo (► **Fig. 5**), y tres tuvieron un desgarro del tendón proximal debajo del sitio de fijación.

Discusión

El principal hallazgo obtenido en este trabajo fue que el uso de AS (TLL y DLL) proporcionó una mayor resistencia mecánica y un PF más alto que las técnicas de TI sin nudos probadas ante cargas axiales. Este resultado confirma nuestra hipótesis. El segundo hallazgo más importante fue que no hubo diferencias significativas entre las técnicas de fijación TLL y DLL en términos de resistencia mecánica y PF.

Hay varias razones biomecánicas que podrían explicar estos resultados. Aunque la literatura disponible^{12,22,23,28} favorece ligeramente las técnicas TI sobre AS en términos de CFF, estos estudios varían ampliamente en el tipo de nudo utilizado con AS y todos incluyen un nudo de seguridad al probar los TI. Gigi et al.¹⁶ demostraron que el número de bucles alrededor del tendón aumentaba significativamente la CFF en un modelo de prueba cadavérico humano para tenodesis AS. Los autores¹⁶ compararon una técnica de bucle simple con una técnica de bucle triple (sin lazo) y encontraron que la CFF era de $46,12 \pm 14,37$ N y $122,2 \pm 26,73$ N, respectivamente. En otro estudio similar realizado por Papp et al.,¹⁰ la tenodesis del bíceps AS aumentada con una sutura del ligamento transversal mostró una mayor resistencia mecánica en comparación con los TI solos. En ese estudio,¹⁰ el AS que incluía un nudo a través

Tabla 1 Comparación de la carga de falla final y el punto de fluencia entre diferentes técnicas de tenodesis

Comparación	Prueba de Kruskal Wallis con prueba <i>post hoc</i> de Dunn		Análisis de potencia	
	Diferencia de rango medio (N)	Significado (valor de <i>p</i> ajustado)	Tamaño del efecto	Potencia
<i>Carga de falla final</i>				
TBT versus TSL	3,63	> 0,999	0,643	0,224
TBT versus DLL	-11,75	0,074	2,257	0,987
TBT versus TLL	-15,38	0,006*	2,233	0,985
TSL versus DLL	-15,38	0,006*	3,847	0,999
TSL versus TLL	-19,00	< 0,001*	2,928	0,999
DLL versus TLL	-3,63	> 0,999	0,966	0,436
<i>Punto de fluencia</i>				
TBT versus TSL	-1,13	> 0,999	0,165	0,061
TBT versus DLL	-14,38	0,013*	3,022	0,999
TBT versus TLL	-17,00	0,002*	2,645	0,998
TSL versus DLL	-13,25	0,029*	2,902	0,999
TSL versus TLL	-15,88	0,004*	2,538	0,997
DLL versus TLL	-2,63	> 0,999	0,536	0,170

Abreviaturas: TBT, tornillo de biotenodesis; DLL, doble *lasso-loop*; N, Newtons; TSL, tornillo SwiveLock; TLL, triple *lasso-loop*.

Nota: *Diferencia estadísticamente significativa entre técnicas (*p* < 0,05).

del ligamento transverso produjo una CFF de 263,2 N (intervalo de confianza del 95% [IC95%]: 221,7–304,6 N) en comparación con una CFF de 159,4 N (IC95%: 118,4–200,5 N) para los TI. En nuestro estudio, las suturas no solo se pasaron alrededor, sino también a través del tendón, presumiblemente agregando fuerza a la construcción. Estos datos sugieren que, cuando se utiliza la técnica AS, el tipo de nudo es fundamental para la CFF lograda. Esto puede explicar nuestros resultados de CFF relativamente más altos en técnicas de tenodesis AS (209–239 N), al compararlos con los informados anteriormente (46–

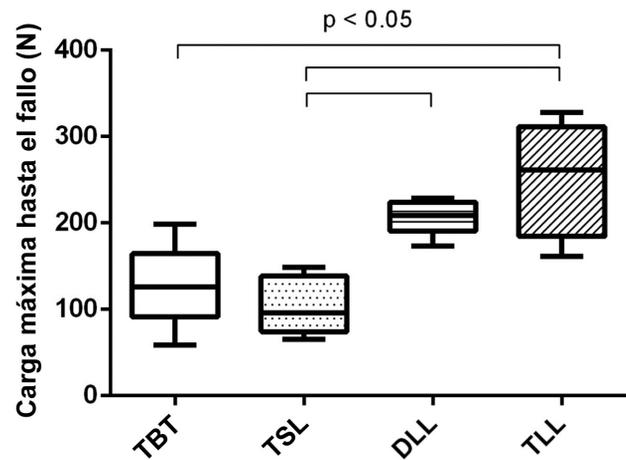


Fig. 3 Diagrama de caja de carga de falla final para cada técnica. **Abreviaturas:** TBT, tornillo de biotenodesis; TSL, tornillo SwiveLock; TLL, triple *lasso-loop*; DLL, doble *lasso-loop*; N, Newtons.

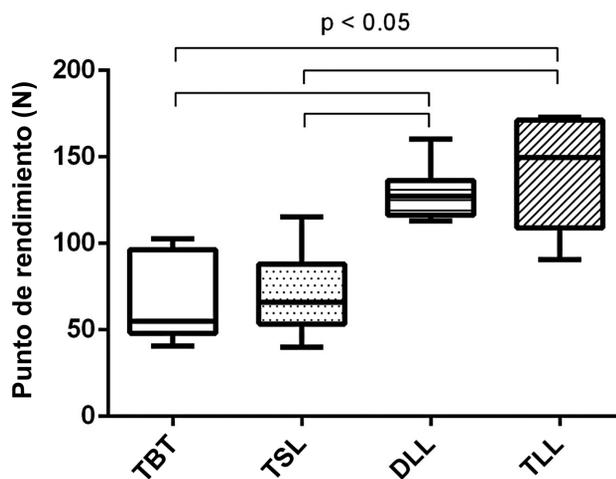


Fig. 4 Diagrama de caja que muestra el punto de fluencia de cada técnica. **Abreviaturas:** TBT, tornillo de biotenodesis; TSL, tornillo SwiveLock; TLL, triple *lasso-loop*; DLL, doble *lasso-loop*; N, Newtons.

187 N).^{12,15,16,23,27,28} Consistentemente, los modos de falla para AS (principalmente desgarros) también difirieron de los reportados previamente (deslizamiento).¹⁶

Se estima una carga de 112 N en la CLTB al soportar un peso de 1 kg en la mano con el codo a 90°. ²⁹ Se ha propuesto que esta carga es suficiente para las actividades de la vida diaria, y podría indicar una resistencia mínima deseable a la tenodesis. En nuestro estudio, solo el grupo TSL demostró un rendimiento inferior a 112 N en términos de CFF. Además, la CFF para ambos grupos TI (TBT y TSL) fue menor de lo informado anteriormente.^{12,15,23,28} El inferior rendimiento de nuestros grupos TI puede explicarse por la técnica que elegimos, que evita el uso de un nudo de seguridad. Muchos artículos^{19–21} sobre la técnica de tenodesis del bíceps no mencionan la necesidad de anudar las suturas después de una tenodesis con TI. En nuestra experiencia, ahorrar el uso de un nudo de seguridad es habitual en la práctica clínica, a

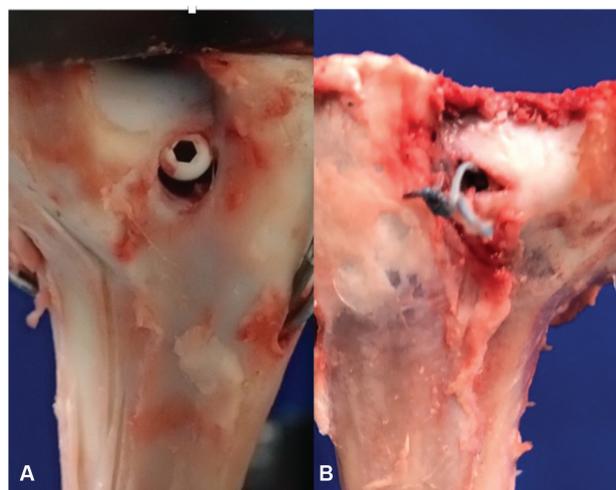


Fig. 5 Modos de falla. (A) La tenodesis del tornillo SwiveLock falló, y muestra que se salió de la fijación. (B) La tenodesis con doble *lasso-loop* muestra una falla en el sitio de fijación del nudo debido a un desgarramiento del tendón.

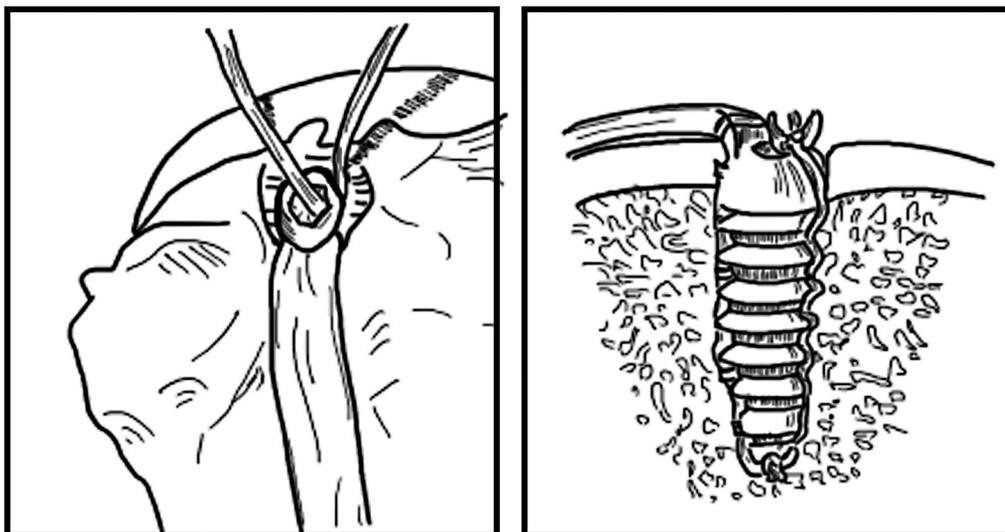


Fig. 6 La construcción tendón-tornillo. Agregar un nudo de seguridad de esta manera brinda tanto ajuste del tornillo de interferencia como estabilidad del anclaje de sutura.

pesar de la falta de evidencia que apoye esta variación en la técnica. Un estudio cadavérico humano realizado por Mazzoca et al.,²⁸ que comparó diferentes métodos de fijación de tenodesis, destacó la importancia de agregar un nudo de seguridad cuando se utilizan TI, pero no probó directamente la resistencia mecánica de la tenodesis TI sin nudos. El nudo de seguridad se realiza pasando solo un extremo de la sutura a través del destornillador de tenodesis y luego atando ambos extremos al realizar la fijación con TI, como se muestra en **Fig. 6**. La resistencia de esta construcción utiliza tanto el ajuste del TI como la estabilidad del AS (construcción tendón-tornillo). La realización de una tenodesis del bíceps sin nudos con TI puede no generar suficiente resistencia mecánica para realizar actividades de la vida diaria en el tiempo cero, aunque nuestro estudio no puede establecer la relevancia clínica de estos datos.

Hay varias limitaciones a nuestro estudio. Primero, no realizamos ciclos de nuestras construcciones antes de medir la CFF. Aunque los datos anteriores muestran que la CFF precíclica y postcíclica no difieren significativamente para la tenodesis TI,²⁸ se cree que los datos postcíclicos simulan mejor la fuerza *in vivo* de las técnicas de tenodesis. Además, se asumió que todos los bíceps tenían un diámetro uniforme debido a sus tamaños y edades comparables. Sin embargo, no medimos el diámetro bicipital antes de ejecutar la técnica quirúrgica. Otra limitación de este estudio es que no realizamos pruebas de CFF utilizando un nudo de seguridad para la tenodesis TI. Aunque hubiera sido deseable una comparación directa con técnicas sin nudos, nuestro propósito fue probar las técnicas de tenodesis AS y TI tal como se realizan en nuestra institución. Finalmente, el uso de muestras cadavéricas de animales, aunque validado, tiene sus propias limitaciones inherentes, pues el tejido animal puede diferir biomecánicamente del tejido cadavérico humano o de la CLTB *in vivo*.

Conclusión

En este modelo de prueba en animales cadavéricos, las técnicas de AS demostraron una mayor CFF en comparación con las técnicas de TI sin nudos. Específicamente, dentro de las técnicas de AS, se encontró que la resistencia mecánica a la carga axial de DLL era comparable a la de TLL.

Conflicto de intereses

Los autores no tienen conflicto de intereses que declarar.

Referencias

- Lansdown DA, Bernardoni ED, Verma NN. Surgical technique for arthroscopic onlay suprapectoral biceps tenodesis with an all-suture anchor. *JSES Open Access* 2018;2(01):69–73
- Provencher MT, LeClere LE, Romeo AA. Subpectoral biceps tenodesis. *Sports Med Arthrosc Rev* 2008;16(03):170–176
- Ahrens PM, Boileau P. The long head of biceps and associated tendinopathy. *J Bone Joint Surg Br* 2007;89(08):1001–1009
- Delle Rose G, Borroni M, Silvestro A, et al. The long head of biceps as a source of pain in active population: tenotomy or tenodesis? A comparison of 2 case series with isolated lesions. *Musculoskeletal Surg* 2012;96(Suppl 1):S47–S52
- Hsu AR, Ghodadra NS, Provencher MT, Lewis PB, Bach BR. Biceps tenotomy versus tenodesis: a review of clinical outcomes and biomechanical results. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20(02):326–332
- Slenker NR, Lawson K, Ciccotti MG, Dodson CC, Cohen SB. Biceps tenotomy versus tenodesis: clinical outcomes. *Arthroscopy* 2012;28(04):576–582
- Shang X, Chen J, Chen S. A meta-analysis comparing tenotomy and tenodesis for treating rotator cuff tears combined with long head of the biceps tendon lesions. *Nordez A, editor. PLoS One.* 2017 Oct 9;12(10):e0185788
- Virk MS, Nicholson GP. Complications of Proximal Biceps Tenotomy and Tenodesis. *Clin Sports Med* 2016;35(01):181–188
- Gurnani N, van Deurzen DFP, Janmaat VT, van den Bekerom MPJ. Tenotomy or tenodesis for pathology of the long head of the biceps brachii: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(12):3765–3771

- 10 Papp DF, Skelley NW, Sutter EG, et al. Biomechanical evaluation of open suture anchor fixation versus interference screw for biceps tenodesis. *Orthopedics* 2011;34(07):e275–e278
- 11 Park JS, Kim SH, Jung HJ, Lee YH, Oh JH. A Prospective Randomized Study Comparing the Interference Screw and Suture Anchor Techniques for Biceps Tenodesis. *Am J Sports Med* 2017;45(02):440–448
- 12 Patzer T, Rundic JM, Bobrowitsch E, Olender GD, Hurschler C, Schofer MD. Biomechanical comparison of arthroscopically performable techniques for suprapectoral biceps tenodesis. *Arthroscopy* 2011;27(08):1036–1047
- 13 Patzer T, Santo G, Olender GD, Wellmann M, Hurschler C, Schofer MD. Suprapectoral or subpectoral position for biceps tenodesis: biomechanical comparison of four different techniques in both positions. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21(01):116–125
- 14 Tashjian RZ, Henninger HB. Biomechanical evaluation of subpectoral biceps tenodesis: dual suture anchor versus interference screw fixation. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22(10):1408–1412
- 15 Su WR, Budoff JE, Chiang CH, Lee CJ, Lin CL. Biomechanical study comparing biceps wedge tenodesis with other proximal long head of the biceps tenodesis techniques. *Arthroscopy* 2013;29(09):1498–1505
- 16 Gigi R, Dolkart O, Sharfman ZT, et al. Biomechanical evaluation of two arthroscopic techniques for biceps tenodesis: triple loop suture versus simple suture. *J Shoulder Elbow Surg* 2017;26(01):165–169
- 17 Lafosse L, Van Raebroeckx A, Brzoska R. A new technique to improve tissue grip: “the lasso-loop stitch”. *Arthroscopy* 2006;22(11):1246.e1–1246.e3
- 18 Bois AJ, Roulet S, Le Dû C, Neyton L, Godenèche A. The “Double Lasso-Loop” Technique Used for Arthroscopic Proximal Biceps Tenodesis. *Arthrosc Tech* 2019;8(03):e291–e300
- 19 Boileau P, Krishnan SG, Coste JS, Walch G. Arthroscopic biceps tenodesis: a new technique using bioabsorbable interference screw fixation. *Arthroscopy* 2002;18(09):1002–1012
- 20 Valenti P, Benedetto I, Maqdes A, Lima S, Moraiti C. “Relaxed” biceps proximal tenodesis: an arthroscopic technique with decreased residual tendon tension. *Arthrosc Tech* 2014;3(05):e639–e641
- 21 Richards DP, Burkhart SS. A biomechanical analysis of two biceps tenodesis fixation techniques. *Arthroscopy* 2005;21(07):861–866
- 22 Ramos CH, Coelho JCU. Biomechanical evaluation of the long head of the biceps brachii tendon fixed by three techniques: a sheep model. *Rev Bras Ortop* 2016;52(01):52–60
- 23 Ozalay M, Akpınar S, Karaeminogullari O, et al. Mechanical strength of four different biceps tenodesis techniques. *Arthroscopy* 2005;21(08):992–998
- 24 Kilicoglu O, Koyuncu O, Demirhan M, et al. Time-dependent changes in failure loads of 3 biceps tenodesis techniques: in vivo study in a sheep model. *Am J Sports Med* 2005;33(10):1536–1544
- 25 Jayamoorthy T, Field JR, Costi JJ, Martin DK, Stanley RM, Hearn TC. Biceps tenodesis: a biomechanical study of fixation methods. *J Shoulder Elbow Surg* 2004;13(02):160–164
- 26 Shi D, Wang D, Wang C, Liu A. A novel, inexpensive and easy to use tendon clamp for in vitro biomechanical testing. *Med Eng Phys* 2012;34(04):516–520
- 27 Golish SR, Caldwell PE III, Miller MD, et al. Interference screw versus suture anchor fixation for subpectoral tenodesis of the proximal biceps tendon: a cadaveric study. *Arthroscopy* 2008;24(10):1103–1108
- 28 Mazzocca AD, Bicos J, Santangelo S, Romeo AA, Arciero RA. The biomechanical evaluation of four fixation techniques for proximal biceps tenodesis. *Arthroscopy* 2005;21(11):1296–1306
- 29 Romeo AA, Mazzocca AD, Tauro JC. Arthroscopic biceps tenodesis. *Arthroscopy* 2004;20(02):206–213