

Estudio biomecánico de la inclusión del tornillo interferencial en la reparación del tendón distal del bíceps braquial

Ana Laura Santa-María Roca¹, Marzouk Agharbi Agharbi¹, Carlos Brynulf Thams Baudot², Oscar Martel Fuentes¹

¹ Biomaterials and Biomechanics Research Group, Dpto. de Ingeniería Mecánica, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España. Email: oscar.martel@ulpgc.es

² Hospital Perpetuo Socorro, Las Palmas de Gran Canaria, España. Email: cthabau@gmail.com

Resumen

Cuando se produce la rotura del bíceps braquial, la cirugía ancla el tendón al hueso, recurriendo normalmente a suturas y/o tornillos. La técnica usual es hacer un túnel óseo en el radio y asegurar el tendón en él mediante una pequeña pieza metálica (botón). Sin embargo, es posible además incluir un tornillo interferencial en el túnel óseo para aumentar la capacidad de fijación. El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la mejora de la reparación del tendón distal del bíceps mediante el uso del tornillo interferencial. Se efectuaron para ello reconstrucciones del tendón distal usando huesos y tendones de origen animal y se ensayaron de manera cíclica. Los resultados indican que la inclusión del tornillo reduce el desplazamiento y aumenta la capacidad de carga de manera significativa. Por tanto, la inclusión del tornillo interferencial es recomendable, sobre todo en pacientes jóvenes y activos.

Palabras clave: tendón; bíceps; tornillo interferencial.

Abstract

The surgery of the biceps brachii anchors the tendon to the bone, usually using sutures and/or screws. The usual technique is to drill a tunnel in the radius and secure the tendon in it using a small metal piece (button). However, it is also possible to include an interference screw in the bone tunnel to increase the fixation capacity. The objective of this work has been to evaluate the improvement of the repair of the biceps brachii tendon with the use of an interference screw. To this end, reconstructions of the distal tendon were carried out using bones and tendons of animal origin and tested cyclically. The results indicate that the inclusion of the screw reduces the displacement and increases the loading capacity significantly. Therefore, the inclusion of the interference screw is recommended, especially in young and active patients.

Keywords: tendon; biceps; interferential screw

1. Introducción

La rotura del tendón distal del bíceps braquial no es infrecuente y la mayoría de los cirujanos ortopédicos tienen que enfrentarse a este problema al menos unas cuantas veces al año. Unidades especializadas en cirugía de miembros superiores atienden esta lesión varias veces al mes. Aproximadamente el 90% de todos los pacientes son hombres, entre 35 y 50 años, con una incidencia de 2,5 de 100.000 por año.

La mayoría de las veces, una carga excéntrica súbita, más que una carga repetitiva o pesada, es la que provoca la

falla en la inserción anatómica del tendón distal del bíceps. Los pacientes reportan un dolor repentino, a menudo con un chasquido.

El músculo bíceps braquial juega un rol crucial en la capacidad de levantar, rotar y mover la porción superior del brazo. Está unido al codo y al hombro mediante tendones que, si se desgarran, disminuyen sensiblemente la fuerza del brazo superior y sus movimientos pueden volverse dolorosos. Una ruptura distal del tendón del bíceps es la lesión que se produce en la articulación del codo. La mayoría de las personas que sufren esta lesión requieren cirugía para corregirla. El objetivo de la cirugía es volver a anclar el tendón al hueso, recurriendo

normalmente a suturas y/o tornillos. La técnica más recomendada es hacer un túnel óseo en el radio y asegurar el tendón en él mediante una pequeña pieza metálica, botón (Figura 1), al otro lado del túnel [1,2].

Muchos estudios biomecánicos han estudiado la reparación del bíceps distal y hay un relativo consenso respecto a la idoneidad del sistema del botón [1-11]. Por ejemplo, Mazzocca et al [1] evaluaron, en 63 codos cadavéricos humanos frescos-congelados, el comportamiento de 4 diferentes técnicas de anclaje (sutura transósea, botón, tornillo interferencial y fijación cortical con dos arpones). Determinaron que el botón soportó mayor carga previa al fallo (440 N), en tanto que el tornillo interferencial ofreció la menor resistencia (223 N). Sin embargo, este último fue el modelo que menor deslizamiento tendinoso permitió ante la aplicación de cargas cíclicas (2,15 mm). En ese aspecto, la fijación con sutura transósea fue la menor eficaz (3,55 mm) seguida del botón (3,42 mm).

Sin embargo, es posible no solo usar las técnicas por separado, sino combinarlas. Específicamente, es posible además incluir un tornillo interferencial (Figura 2) en el túnel óseo cuando se utiliza la técnica del botón, para aumentar la capacidad de fijación (Figura 3), pero esta posibilidad, hasta donde sabemos, no ha sido ensayada.

El objetivo de este trabajo ha sido evaluar la mejora biomecánica de la reparación del tendón distal del bíceps mediante la introducción del tornillo interferencial en el túnel óseo necesario en la técnica del botón, a lo que denominaremos técnica híbrida. Se efectuaron para ello reconstrucciones del tendón distal usando huesos y tendones porcinos y se realizaron ensayos de tracción cíclicos que simulan el periodo de rehabilitación posterior a la cirugía.

2. Metodología

2.1. Materiales

Se utilizaron 20 tendones extensores digitales bovinos y otras tantas tibias de origen porcino. Debido a la dificultad de conseguir los tendones y huesos cadavéricos humanos, se ha optado por usar tejidos animales. Además, esto reduce la variabilidad inherente a las muestras biológicas, ya que se pueden seleccionar fácilmente diámetros y longitudes de tendón iguales.

Los tendones se extrajeron de las patas de bovino obtenidas en un matadero local y se limpiaron los tejidos adyacentes. Se midió el diámetro de los tendones con un calibrador, utilizando sólo los de 7 mm. Posteriormente cada tendón se envolvió para su conservación en gasa

empapada en solución salina, se introdujo en bolsa de plástico y se mantuvo congelado a una temperatura de -20°C hasta la realización de los ensayos.

Las tibias porcinas, que simulaban el hueso humano al que se une el tendón (radio), fueron adquiridas en carnicerías locales, se limpiaron de tejidos blandos circundantes y solo se utilizaron aquellas que tenían un diámetro diafisario de unos 20 mm. Posteriormente, fueron preservados en las mismas condiciones que los tendones. El día de realización de los ensayos se dejaron descongelando los tejidos durante 12 horas a temperatura ambiente.

Se realizaron 10 simulaciones de reconstrucción de bíceps distal para cada una de las dos técnicas ensayadas. En el primer grupo se realizó la reconstrucción usando únicamente la sutura (FiberLoop® N°2) y el botón (BicepsButton®, 2.6 x 12 mm), ambos de la casa Arthrex (FL, EE.UU.), y en el segundo grupo se añadió además el tornillo interferencial (7 mm x 10 mm PEEK tenodesis screw) de la misma casa comercial. El botón es de titanio quirúrgico (Ti6Al4V) y el tornillo de PEEK (polieteretercetona). Al primer grupo lo hemos denominado “técnica botón” y al segundo grupo “técnica híbrida”.

2.2. Protocolo de ensayo

Cada una de las 20 reconstrucciones se ensayaron en una máquina universal de ensayos (Microtest EFH/5/FR, Madrid, España). Se diseñó un sistema de fijación para la tibia que garantizaba tanto su anclaje rígido a la máquina de ensayos, como su correcta posición, situando el túnel óseo en la dirección de tracción, que es el peor escenario de carga posible en la práctica clínica. El extremo proximal del injerto se fijó al cabezal de tracción por medio de unas mordazas diseñadas para evitar el deslizamiento del tendón durante el ensayo (Figura 4).

Tras el correcto posicionado, y antes de proceder al ensayo de tracción, se sometió el conjunto a una precarga inicial de 30 N durante 2 minutos. A continuación, se sometió a la reconstrucción a 1000 ciclos de carga entre 10 N y 50 N a 0,5 Hz. Una vez superados estos ciclos, se sometió de nuevo a una precarga de 55 N durante otros 2 minutos, seguidos de otros 1000 ciclos de carga entre 10 N y 100 N a 0,5 Hz.

Inmediatamente después de superar el segundo ensayo cíclico, el espécimen se sometió a un ensayo de tracción hasta rotura a una velocidad de 20 mm/min, para simular el fallo de la reconstrucción causada por una posible sobrecarga (Figura 5).

Durante el transcurso del ensayo, se hidrató abundantemente el tendón con solución salina nebulizada, a fin de evitar su deshidratación y mantener las propiedades mecánicas a lo largo de todo el ensayo. Al finalizar el ensayo, todos los especímenes fueron inspeccionados y se registró el modo en que se produjo el fallo, clasificándolos en: a) desgarro del tendón debido a

la sutura; b) aflojamiento del nudo; y c) rotura del tendón adyacente al tornillo.

2.3. Análisis de datos

Se obtuvieron los datos de fuerza y desplazamiento con los sensores y el software propios de la máquina de ensayos. La rigidez para cada ciclo se calcula como la pendiente de la recta que mejor ajusta el ciclo completo por el método de mínimos cuadrados en la gráfica fuerza-desplazamiento. La rigidez de la parte final del ensayo (rotura) se obtuvo como la pendiente de la recta de mejor ajuste de la parte final del ensayo (Figura 6).

Para cada reconstrucción ensayada se presentan los valores en los ciclos 10, 100, 500 y 1000 para cada uno de los dos periodos de 1000 ciclos de los que consta el ensayo, además de los obtenidos en la parte final del ensayo.

Los resultados de ambos grupos se compararon mediante una t de Student para dos muestras independientes, considerando diferencia significativa para p menor de 0,05. Previamente, se realizó un análisis de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk debido a que había menos de 30 muestras. Los resultados indicaron que no había evidencia para rechazar la normalidad de los datos.

3. Resultados

En la tabla 1 se presentan los valores obtenidos en los ensayos. Durante la fase cíclica todos los especímenes mostraron algún grado de desplazamiento del tendón respecto al túnel óseo. Los valores medios del desplazamiento del tendón en la técnica híbrida fueron del orden de la mitad aproximadamente que los obtenidos de los ensayos realizados con la técnica del botón (Figura 7).

Ambas técnicas de reparación mostraron un incremento del desplazamiento a lo largo del ensayo, con diferencias significativas en el valor de desplazamiento a partir del ciclo 100 durante los primeros 1000 ciclos (carga entre 10 y 50 N) y los segundos 1000 ciclos (carga entre 10 y 100 N) hasta finalizar el ensayo. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para el valor de la rigidez a ningún número de ciclos. Se observa, además, que la reparación del tendón distal del bíceps mediante la técnica híbrida tiene significativamente mayor carga de fluencia y carga de rotura que la técnica del botón. No se encontraron diferencias significativas en cuanto al valor de la rigidez a rotura.

Todos los especímenes, excepto uno de la técnica del botón, superaron la carga cíclica y fueron sometidos al ensayo de tracción final hasta rotura. Los modos de fallo en la técnica del botón fueron: 5 por desgarro del tendón

debido a la sutura, 2 por aflojamiento del nudo (se incluye el que no superó la carga cíclica) y 3 por una combinación de ambos motivos. No hubo deformaciones del botón ni rotura del hilo de sutura.

En la técnica híbrida el modo de fallo en 8 especímenes se produjo por la rotura del tendón adyacente al tornillo interferencial, en un espécimen la rotura del tendón ocurrió en la proximidad de la mordaza y en el último caso el fallo se produjo por la migración del tornillo seguido del desgarro del tendón.

4. Conclusiones

La rotura del tendón distal del bíceps no reparado genera una pérdida de fuerza en supinación del 30-50% y del 30% en flexión. Por ello, la cirugía se considera el tratamiento actual de primera elección en pacientes activos. Recientemente, se ha puesto mucho énfasis sobre las técnicas quirúrgicas que limitan las complicaciones y mejoran la fuerza de fijación tendón-hueso [3].

En este estudio se han elegido las técnicas que comúnmente son utilizadas en la reparación del tendón del bíceps. La técnica ideal es aquella que garantiza una reconstrucción anatómica y condiciones mecánicas suficientes para la aplicación de protocolo de movilización temprana controlada [4].

Las reparaciones realizadas se sometieron a ensayos cíclicos para simular el proceso de rehabilitación inmediata y a ensayos estáticos a rotura para simular el fallo por sobrecarga. Tanto el rango de cargas como el número de ciclos utilizados en este estudio son similares a los empleados en estudios anteriores [5].

En este estudio nos hemos centrado en tres parámetros biomecánicos para juzgar el éxito clínico de la reconstrucción: el desplazamiento del tendón en el túnel óseo durante la carga cíclica; la carga de fluencia y el modo de fallo. La carga de rotura y la rigidez también se han estudiado, aunque los consideramos de menor importancia a nivel clínico.

El desplazamiento del tendón en el túnel óseo nos indica la laxitud con la que va a quedar la reparación a lo largo de la rehabilitación. Cuanto menor sea, mejor será la reparación. Es cierto que no tiene en cuenta el efecto de la fijación biológica durante el postoperatorio, pero indica claramente la bondad de una reparación sobre otra. Del análisis de datos se deduce que los desplazamientos obtenidos después de los 100 ciclos y los sucesivos son significativamente distintos entre las dos técnicas, siendo aproximadamente un 50% menores cuando se añade el tornillo interferencial.

Aunque no se han encontrado diferencias significativas con respecto a la rigidez, cuando se comparan ambas técnicas, si se observa que la técnica híbrida alcanza niveles de resistencia significativamente mayores, específicamente en cuanto al nivel de carga de fluencia y carga de rotura. Se considera que la carga de fluencia es el valor más representativo para la evolución del fallo, puesto que si aparecen cargas de tracción mayores el daño será permanente y la elongación de la fijación crecerá muy rápidamente hacia valores de laxitud no admisibles en la práctica clínica.

En cuanto al modo de fallo, en los especímenes con el tendón anclado sólo con el botón, el modo de fallo fue el desgarramiento del tendón debido a la sutura, el aflojamiento del nudo o ambos. Con la técnica híbrida el 80% de los fallos fue por la rotura del tendón adyacente al tornillo. Además, el único ensayo que no superó la parte cíclica del ensayo fue con la técnica del botón. Por tanto, se puede inferir que la técnica híbrida limita el fallo por deslizamiento de la sutura y evita el aflojamiento del nudo al combinar un tornillo interferencial con el botón.

Desde el punto de vista clínico, el hecho de añadir el tornillo interferencial al sistema con botón no aumenta considerablemente el tiempo de operación. Si bien debe aceptarse que el uso de dos implantes para efectuar la tenodesis encarece el costo del procedimiento, los buenos resultados, el bajo porcentaje de complicaciones y el retorno más rápido a la actividad de la vida diaria, laboral y/o deportiva, la convierte en la primera opción terapéutica en pacientes jóvenes, activos y de alta demanda funcional.

Una limitación de este estudio es que se han usado tejidos animales, por lo que los valores cuantitativos resultantes de los ensayos no pueden ser directamente extrapolables al comportamiento humano. Sin embargo, los resultados si son adecuados a efectos de comparación cualitativa entre las distintas técnicas.

Finalmente, los resultados de este estudio sugieren que, con la técnica híbrida, es decir, añadiendo el tornillo interferencial, se consigue una notablemente mejor reparación del bíceps braquial en su inserción distal. Asimismo, como reduce el desplazamiento a aproximadamente la mitad y aumenta la capacidad de

carga, la técnica híbrida permite realizar un programa de rehabilitación precoz y eficaz [12].

5. Referencias

[1] AD Mazzocca, et al. "Biomechanical evaluation of 4 techniques of distal biceps brachii tendon repair". *Am J Sports Med.* 35(2), 252-258, 2007.

[2] E Wörner et al. "Higher failure rate of suture anchors in partial distal biceps tendon ruptures in comparison with Endo-button fixation". *JSES Int.* 20;5(4): 821-826, 2021.

[3] JT Spang et al. "A biomechanical comparison of Endobutton versus suture anchor repair of distal tendon injuries". *J Shoulder Elbow Surg.* 15(4), 509-514, 2006.

[4] A Arianjam et al. "Biomechanical comparison of interference screw and cortical button with screw hybrid technique for distal biceps brachii tendon repair". *Orthopedics*, 36(11), 1371-1377, 2013.

[5] V Rutka et al. "Distal biceps tendon repair via new knotless endobutton fixation: A biomechanical study" *Shoulder & Elbow*, 13(3), 321-328, 2021.

[6] JA Greenberg et al. "EndoButton-assisted repair of distal biceps tendon ruptures". *J Shoulder Elbow Surg.* 12, 484-490, 2003.

[7] SE Lemos et al. "A new technique: in vitro suture anchor fixation has superior yield strength to bone tunnel fixation for distal biceps tendon repair". *Am J Sports Med.* 32(2): 406-410, 2004.

[8] Idler CS, Montgomery WH III, Lindsey DP, Badua PA, Wynne GF, Yerby SA. "Distal biceps tendon repair: a biomechanical comparison of intact tendon and 2 repair techniques". *Am J Sports Med.* 34(6), 968-974, 2006.

[9] Kettler M, Lunger J, Kuhn V, Mutschler W, Tingart MJ. "Failure strengths in distal biceps tendon repair". *Am J Sports Med.* 35(9), 1544-1548, 2007.

[10] Krushinski EM, Brown JA, Murthi AM. "Distal biceps tendon rupture: biomechanical analysis of repair strength of the Bio-Tenodesis screw versus suture anchors". *J Shoulder Elbow Surg.* 16, 218-223, 2007.

[11] Chavan PR, Duquin TR, Bisson LJ. "Repair of the ruptured distal biceps tendon: a systematic review". *Am J Sports Med.* 36(8), 1618-1624, 2008.

[12] LJ Bisson, et al. "Is it safe to perform aggressive rehabilitation after distal biceps tendon repair using the modified 2-incision approach? A biomechanical study". *Am J Sports Med.* 35(12), 2045-2050, 2007.