

ORIGINAL

¿Es la técnica Dresden un diseño mecánico de elección apropiado para la reparación de roturas de tercio medio del tendón de Aquiles? Ensayo biomecánico



C. de la Fuente^{a,b,*}, G. Carreño-Zillmann^{c,d}, H. Marambio^{e,f} y H. Henríquez^{e,g,f}

^a Carrera de Kinesiología, UDA cs. de Salud, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

^b Programa de Magister en Ciencias de la Ingeniería, mención Ingeniería Biomédica, Universidad de Valparaíso, Santiago, Chile

^c Programa de Quiropraxia, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Central, Santiago, Chile

^d Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología, Santiago, Chile

^e Servicio de Traumatología, Clínica Santa María, Santiago, Chile

^f Escuela de Medicina, Universidad de Chile, Santiago, Chile

^g Servicio de Tobillo y Pie, Instituto Traumatológico «Teodoro Gebauer Weisser», Santiago, Chile

Recibido el 26 de enero de 2016; aceptado el 13 de junio de 2016

Disponible en Internet el 18 de julio de 2016

PALABRAS CLAVE

Rotura del tendón de
Aquiles;
Dresden;
Diseño mecánico

Resumen

Objetivo: Comparar el fallo mecánico de la técnica Dresden para la reparación del tendón de Aquiles respecto a la técnica de reparación control Kessler doble modificada. Secundariamente, comparar la resistencia máxima de la técnica de reparación Dresden respecto a la técnica de reparación control Kessler doble modificada.

Material y métodos: Un total de 30 roturas de tendón de Aquiles en especímenes bovinos fueron reparadas con sutura Ethibond® a 4,5 cm desde la inserción calcánea. Cada rotura fue distribuida de modo aleatorio en uno de 2 grupos quirúrgicos. Una vez reparadas, cada espécimen se sometió a una prueba de tracción máxima. Mediante una prueba exacta de Fisher ($\alpha = 0,05$) se compararon las tasas (proporciones) de fallo mecánico (tendón, sutura o nudo), y mediante una prueba t de Student ($\alpha = 0,05$), las resistencias máximas.

Resultados: Las proporciones de fallo mecánico entre las reparaciones fueron diferentes, siendo el fallo mecánico más frecuente el desgarro del tendón en la técnica Dresden y la rotura de la sutura en la técnica Kessler. La reparación Dresden desarrolló 245,4 N y la reparación Kessler desarrolló 154,6 N.

Discusión: La reparación con técnica Dresden realizada de modo abierto respecto a la técnica Kessler posee un diseño mecánico más apropiado para la reparación de roturas de tercio medio

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: delafuente@gmail.com (C. de la Fuente).

KEYWORDS

Achilles tendon tear;
Dresden;
Mechanical design

del tendón de Aquiles al desarrollar mayor resistencia tensil en un 58,7%. No obstante, su fallo mecánico más frecuente fue el desgarro tendinoso, que frente a cargas inapropiadas puede favorecer el alargamiento del tendón de Aquiles.

© 2016 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Is the Dresden technique a mechanical design of choice suitable for the repair of middle third Achilles tendon ruptures? A biomechanical study

Abstract

Objective: To compare the mechanical failure of the Dresden technique for Achilles tendon repair with the double modified Kessler technique controlled repair technique. The maximum resistance of the two repair techniques are also compared.

Material and methods: A total of 30 Achilles tendon ruptures in bovine specimens were repaired with an Ethibond® suture to 4.5 cm from the calcaneal insertion. Each rupture was randomly distributed into one of two surgical groups. After repair, each specimen was subjected to a maximum traction test. The mechanical failure (tendon, suture, or knot) rates (proportions) were compared using the exact Fisher test ($\alpha = .05$), and the maximum resistances using the Student *t* test ($\alpha = .05$).

Results: There was a difference in the proportions of mechanical failures, with the most frequent being a tendon tear in the Dresden technique, and a rupture of the suture in the Kessler technique.

Discussion: The repair using the Dresden technique performed in the open mode, compared to the Kessler technique, has a more suitable mechanical design for the repair of middle third Achilles tendon ruptures on developing a higher tensile resistance in 58.7%. However, its most common mechanical failure was a tendon tear, which due to inappropriate loads could lead to lengthening of the Achilles tendon.

© 2016 SECOT. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La rotura de tercio medio del tendón de Aquiles posee una incidencia de 18 casos cada 100.000 habitantes-año y afecta de modo primario a deportistas amateurs hombres entre los 30 y los 50 años¹.

De modo tradicional, su reparación es realizada con abordaje abierto por medio de técnicas como Krackow, Kessler o Bunnell²⁻⁸. Sin embargo, está en controversia si la comorbilidad asociada al daño tisular tras una reparación mediante técnica abierta es mayor que mediante una reparación percutánea⁹⁻¹². También es controvertido si el diseño mecánico de una reparación tendinosa de tercio medio desarrollada de modo percutáneo posee una apropiada estabilidad y fallo mecánico frente a la tracción.

Disponer de una técnica de reparación tendinosa mecánicamente estable es esencial para garantizar un adecuado afrontamiento tendinoso tras la cirugía, lo que no se consigue de modo natural tras una rotura del tendón de Aquiles, dada la retracción elástica ejercida por los cabos tendinosos. Además, un adecuado afrontamiento tendinoso permite restablecer la longitud tendinosa próxima a valores fisiológicos, pero su fracaso puede conllevar a futuras alteraciones en la relación fuerza-longitud del mecanismo plantiflexor¹³. Por otra parte, una técnica que conlleve un patrón de fallo inapropiado, como el fallo tendinoso, no garantiza que los puntos de apoyo de la sutura sobre el

tendón (interface tendón-sutura) no generen daño estructural frente a la tracción y se promueva secundariamente un cambio en la longitud tendinosa, a diferencia de diseños mecánicos, donde se favorece la deformación de la sutura para que sea esta la que genere la mayor disipación tensil.

Últimamente la técnica de reparación percutánea Dresden, descrita por Amlang et al.^{9,10}, se ha descrito como una técnica con resultados clínicos positivos^{9,10,14}. Del mismo modo, otros autores han encontrado similares ventajas clínicas respecto a su empleo^{15,16}. Dentro de sus principales características en comparación a técnicas desarrolladas de modo abierto, destaca el poseer un menor nivel de lesión del nervio sural, poseer una baja tasa de re-rotura porque existe preservación del paratendón, tejido con un importante rol en el proceso de reparación tendínea^{9,10,14}.

No obstante, es desconocido si la reparación Dresden es una adecuada alternativa mecánica de elección para la reparación de roturas de tercio medio del tendón de Aquiles frente a técnicas habitualmente empleadas, como lo es la reparación Kessler doble modificada¹⁷, la cual ha demostrado ser una técnica de frecuente elección al contar con adecuados niveles de resistencia tensil^{3,5}, ser reproducible, poseer menores efectos negativos sobre la microcirculación tendínea y ser menos invasiva que otras técnicas abiertas³. Por ello, nuestro objetivo primario es comparar el fallo mecánico de la técnica Dresden para la reparación del tendón de Aquiles respecto a la técnica de reparación control

Tabla 1 Características de los tendones

	Dresden	Kessler
Diámetro anteroposterior, mm	9,4 (1,2)	8,3 (1,2)
Diámetro mediolateral, mm	9,5 (1,0)	9,7 (1,4)

Kessler doble modificada. Secundariamente, nuestro objetivo es comparar la resistencia máxima de la técnica de reparación Dresden respecto a la técnica de reparación control Kessler doble modificada. Nuestras hipótesis son: 1) la reparación Dresden y Kessler doble modificada poseen igual proporción de fallo mecánico frente a la tracción, y 2) la reparación Dresden y Kessler doble modificada poseen la misma resistencia tensil frente a la tracción.

Material y método

Diseño del estudio

Estudio experimental-comparativo realizado entre los meses de junio de 2014 y junio de 2015 en la unidad de biomecánica del Instituto Traumatológico Teodoro Gebauer Weisser (Santiago, Chile). El estudio fue aprobado por el comité de ética del Instituto Traumatológico Teodoro Gebauer Weisser (Santiago, Chile).

Piezas

Un total de 30 roturas de tendón de Aquiles en especímenes bovinos (tabla 1) fueron obtenidas de animales menores de 2 años de edad y congeladas a -18°C durante el transcurso de las primeras 24 h tras su sacrificio. Cada pieza fue descongelada de forma aleatoria, siendo mantenida en un cuarto de descongelamiento a temperatura ambiente durante 12 h antes de realizar la prueba biomecánica.

Intervención

Cada pieza fue disecada hasta lograr la completa exposición del tendón de Aquiles (fig. 1). Posteriormente se realizó una rotura completa del tendón de Aquiles a 4,5 cm desde la prominencia ósea calcánea mediante un corte perpendicular a las fibras con bisturí número 21, con el objetivo de simular una rotura de tercio medio. Luego se realizó de forma aleatoria una tenorrafia Dresden bajo los principios de reparación definidos por Amlang et al.^{9,10} o Kessler doble modificada acorde a Sebastin et al.¹⁷ (fig. 1), empleando sutura sintética trenzada no reabsorbible Ethibond Excel® n.º 1 (Ethicon endo-surgery Inc., Somerville, EE. UU.).

La técnica Dresden fue realizada de modo abierto, con puntos de apoyos simétricos y balanceada al cuerpo del tendón de Aquiles (fig. 2). El diseño experimental contempló una primera sutura empleando una aguja recta que atravesó desde el plano medial al lateral la porción central del tendón de Aquiles a una distancia de 1 cm distal respecto a la rotura. Inmediatamente la misma sutura atravesó desde el plano lateral al medial 0,8 cm proximal a la rotura y la hebra libre atravesó desde el plano lateral al medial la porción



Figura 1 Técnicas de reparación. A) Reparación Dresden. B) Reparación Kessler.

central del tendón de Aquiles 1,0 cm proximal a la rotura. Posteriormente, una segunda sutura empleando una segunda aguja recta atravesó desde el plano medial al lateral la porción central del tendón de Aquiles de modo paralelo a la primera sutura a una distancia de 1,5 cm distal respecto a la rotura. Inmediatamente esta segunda sutura atravesó desde el plano lateral al medial 1,3 cm proximal a la rotura y la hebra libre atravesó desde el plano lateral al medial la porción central del tendón de Aquiles 1,5 cm proximal a la rotura. Una vez atravesadas las suturas por el tendón, la primera sutura fue tensada hasta lograr un afrontamiento de los cabos tendinosos de modo termino-terminal, desarrollando un primer doble nudo seguido de 5 nudos simples. Inmediatamente la segunda sutura fue tensada controlando un afrontamiento de los cabos tendinosos de modo termino-terminal, finalizando con un primer doble nudo seguido de 5 nudos simples, tal como resume la figura 2.

Prueba biomecánica

Cada pieza fue montada en un mecanismo de tracción (fig. 3) en el cual se desarrolló una prueba de tracción máxima a 6 mm/s¹⁸. El mecanismo estuvo compuesto por el dispositivo (Linear ActuatorWorld, China) de 7.000 N, siendo controlado por medio del software Matlab7.1. (Mathworks Inc., EE. UU.). En el extremo distal del dispositivo se posicionó una abrazadera compresiva dentada (fig. 3) para fijar la porción proximal del cabo tendinoso³. El extremo óseo de la pieza (distal) fue fijado a un sensor de fuerza (RevereTransducer Inc., EE. UU.) mediante un clavo de acero quirúrgico de 5 mm para obtener los datos de fuerza, siendo adquiridos estos a una frecuencia de 1.000 datos por segundo y almacenando los datos en un ordenador en una matriz fuerza, tiempo $\times$ muestras.

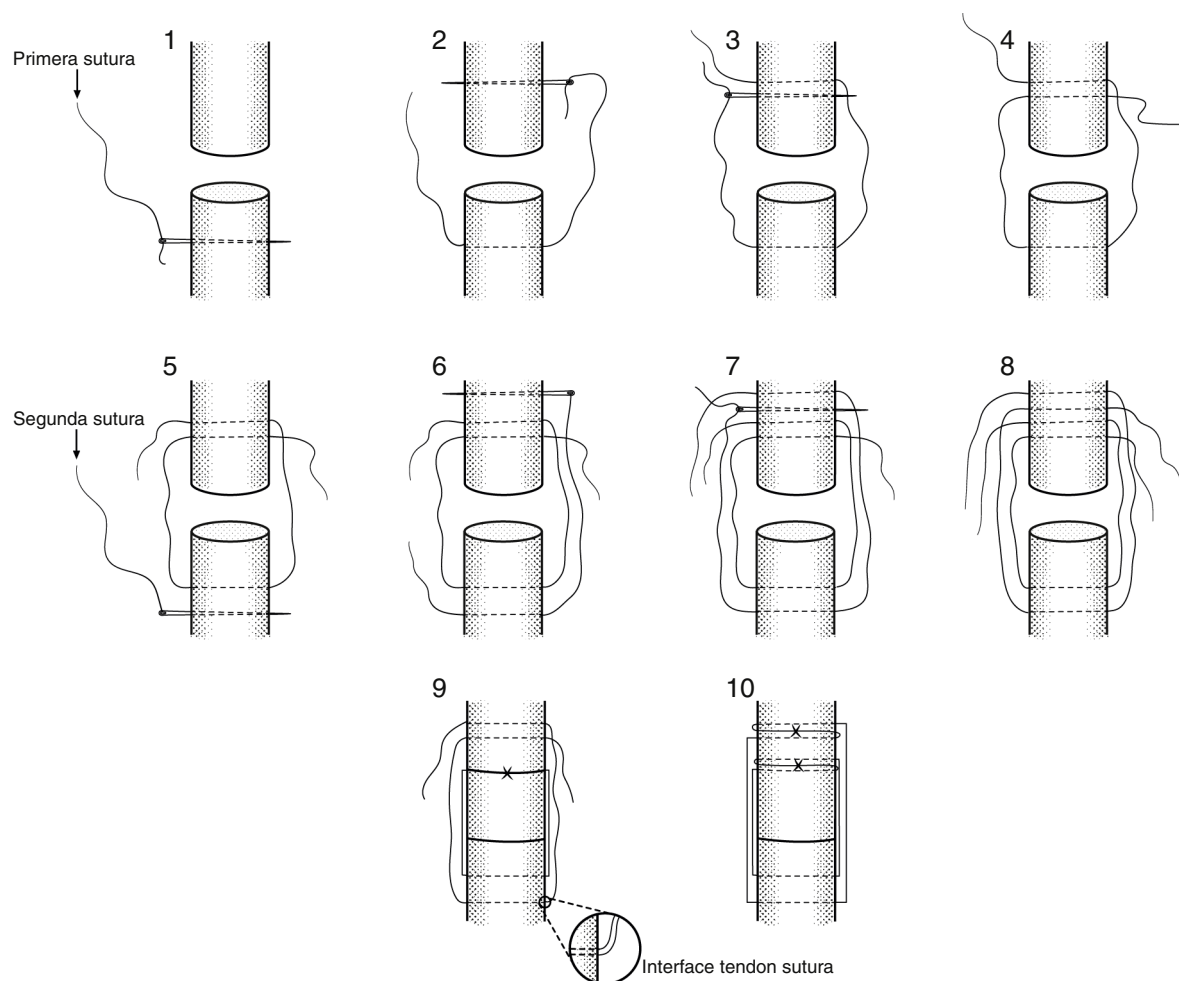


Figura 2 Diagrama de la intervención quirúrgica desarrolla experimentalmente.

Mediciones

Antes de realizar la prueba biomecánica, se registró el diámetro anteroposterior y mediolateral en la zona de rotura ([tabla 1](#)) por medio de un pie de rey de una precisión de 0,01 mm.

Para la prueba de tracción máxima, en cada pieza se registró la curva carga-tiempo ([fig. 4](#)), obteniendo la variable resistencia máxima (*peak* de fuerza). La variable fallo mecánico fue categorizada como nudo si existió insuficiencia del nudo, sutura si existió rotura de la sutura o tendón si existió desgarró del tendón para la primera caída de la resistencia máxima en la curva carga-tiempo ([fig. 4](#)).

Análisis de los datos

Los datos fueron descritos como media aritmética y desviación estándar. Luego, la normalidad de los datos fue corroborada por medio de la prueba de Shapiro-Wilk. Para comparar las proporciones de fallo mecánico se realizó una tabla de contingencia de 3×2 y se empleó la prueba exacta de Fisher de 2 colas con un error tipo I del 5%. Para comparar las medias aritméticas de las resistencias máximas se empleó una prueba t de Student de 2 colas con un error tipo I del

5%. Todos los cálculos estadísticos fueron desarrollados por medio del software STATA 12 (StataCorp LP, Texas, EE. UU.).

Resultados

Los datos presentaron una distribución normal ($p > 0,05$). Las características de los tendones previas a la prueba biomecánica están resumidas en la [tabla 1](#). Las proporciones de fallo mecánico de las reparaciones están resumidas en la [tabla 2](#), siendo la más frecuente el desgarró del tendón para la técnica Dresden y la rotura de la sutura para la técnica Kessler. Finalmente, los resultados obtenidos en las pruebas de tracción máxima están resumidos en la [tabla 3](#), obteniendo la reparación Dresden una resistencia un 58,7% mayor que la reparación Kessler.

Tabla 2 Proporción del fallo mecánico de las reparaciones

	Dresden	Kessler
Tendón	12	0
Sutura	3	15
Nudo	0	0

$p < 0,0001$



Figura 3 Mecanismo de tracción.

Tabla 3 Resistencia máxima de las reparaciones

	Dresden	Kessler
Resistencia máxima, N	245,4 (51,4)*	154,6 (15,6)
$p < 0,0001$		

* Significación estadística ($p < 0,0001$).

Discusión

A pesar de la vasta variedad de técnicas de reparación para la rotura del tendón de Aquiles¹⁹ y las comorbilidades secundarias tras reparaciones abiertas, aún se mantiene en desconocimiento si nuevas técnicas con resultados clínicos positivos desarrolladas los últimos años, como lo es la reparación Dresden^{9,10,14-16}, poseen un adecuado diseño mecánico para resistir cargas tensiles frente otras reparaciones que en el pasado han demostrado ser exitosas desde el punto de vista mecánico. Por ello, nuestro estudio ha comparado la proporción de fallo mecánico de la técnica Dresden

respecto a la técnica de reparación control Kessler doble modificada. Además, secundariamente se comparó la resistencia máxima de la técnica de reparación Dresden respecto a la técnica de reparación control Kessler doble modificada.

Nuestro principal hallazgo ha sido la diferencia de proporciones de fallo mecánico entre las reparaciones, siendo el desgarrar tendinoso el mecanismo más frecuente para la reparación Dresden y la rotura de la sutura para la reparación Kessler. Secundariamente, nuestro estudio determinó una mayor resistencia tensil de la técnica Dresden respecto a la técnica Kessler. Dichos resultados sugieren una mejor disipación del estrés sobre las hebras de sutura de la reparación Dresden en combinación a la interface sutura-tendón (fig. 2), permitiendo generar una mayor resistencia tensil respecto a la reparación Kessler, la cual, frente a los resultados, sugiere haber alcanzado la máxima deformación admisible de una de sus suturas, generado su rotura de modo precoz respecto a la reparación Dresden, tal como denota el patrón en doble sierra de la figura 3. No obstante, la mayor resistencia de la técnica Dresden es acompañada con daño estructural tendinoso (fig. 5) a medida que se alcanza la región de comportamiento no proporcional y plástica, tal como denota el patrón suavizado de la figura 3, pudiendo provocar una mayor longitud tendinosa¹³ antes de ser ocasionada una re-rotura, a diferencia de la reparación Kessler. Dicho fenómeno sugiere que el empleo de la técnica Dresden en combinación con cargas tensiles administradas de modo inadecuado, como podría ocurrir durante una rehabilitación temprana^{13,20}, podría crear cambios silentes de la longitud tendinosa durante la rehabilitación, promoviendo una menor eficiencia plantiflexora del mecanismo gastro-sóleo¹³ a pesar de la mayor resistencia del diseño mecánico de la reparación Dresden. En contraparte, el empleo de la técnica Kessler doble modificada sugiere que, en combinación con cargas tensiles inadecuadas, la re-rotura podría ser alcanzada frente a una carga menor de un 58,7% respecto a la reparación Dresden, generando deformación plástica de modo predominante sobre las suturas, en oposición a la técnica Dresden. Ello sugiere la generación de un mayor daño tendinoso de la técnica Dresden en una re-rotura ocasionada por cargas tensiles (fig. 5).

Estudios desarrollados en tendones flexores de los dedos sugieren que uno de los factores más importantes sobre la resistencia tensil es el número de suturas que pasa entre los 2 cabos tendinosos y la técnica quirúrgica²¹⁻²³. Por ello, un aumento de las hebras para la reparación Dresden podría inducir una mejor disipación del estrés, pudiendo ser un método para prevenir fenómenos de alargamiento tendinoso durante rehabilitaciones tempranas y daño por concentración del estrés de la interface tendón-sutura en una re-rotura; sin embargo, ello requiere ser comprobado en futuros estudios. Por otra parte, una asimétrica carga de las

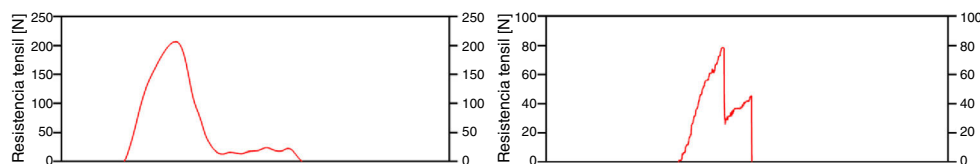


Figura 4 Fallo mecánico de las reparaciones. A) Desgarrar tendinoso con técnica Dresden. B) Rotura de la sutura con técnica Kessler.

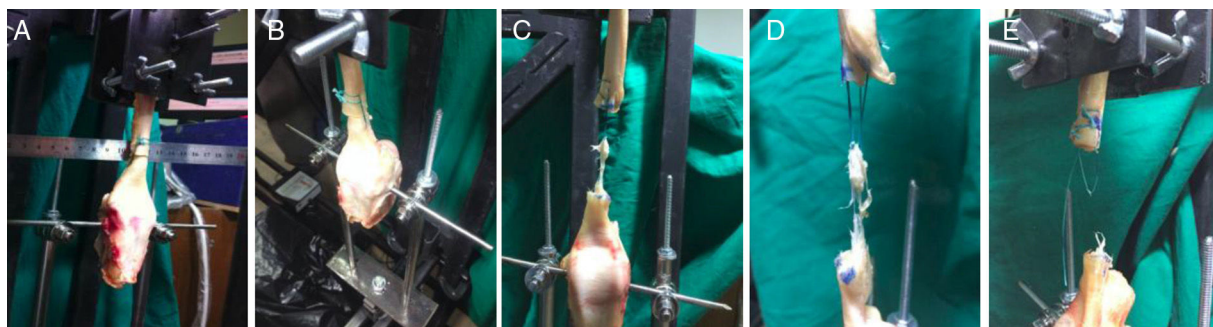


Figura 5 Secuencia de desgarro tendinoso de la técnica Dresden. A) Espécimen en reposo. B) Espécimen con deformación elástica. C) Espécimen con deformación plástica. D) Espécimen con mecanismo de fallo tendinoso. E) Desgarro completo de cabo tendinoso distal.

suturas implica un peor control del balance tensil, tal como sugieren los resultados desarrollados con la reparación Kessler. No obstante, la actual investigación solo ha comparado ambas reparaciones de modo abierto, desconociéndose si la reparación Dresden realizada de modo percutáneo posee un efecto negativo en el tipo de fallo y resistencia mecánica, requiriendo nuevas investigaciones para explorar dicho efecto.

La literatura reporta valores máximos para la reparación Dresden empleando sutura Fiberwire 2.0 (Arthrex, Naples, EE. UU.) de 628 N²⁴ y para la reparación Kessler empleando PDS-1 (Ethicon endo-surgery Inc., Somerville, EE. UU.) de 137 N⁵. Esto contrasta con nuestros resultados, siendo sugerente que el tipo de material de sutura empleado condiciona la obtención máxima de resistencia, tal como lo demuestra la literatura al describir resultados de una misma técnica con distintos materiales de sutura⁵.

Finalmente, a pesar de que aún no existe consenso respecto a la óptima intervención tras una rotura aguda de tercio medio del tendón de Aquiles^{14,20,25,26}, nuestra investigación sugiere que la reparación con técnica Dresden realizada de modo abierto es un diseño mecánico más apropiado que la técnica Kessler doble modificada frente a la tracción.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia III.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no poseer conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Wilkins R, Bisson LJ. Operative versus nonoperative management of acute Achilles tendon ruptures: A quantitative systematic review of randomized controlled trials. *Am J Sports Med.* 2012;40:2154–60.
2. Pişkin A, Yüçetürk A, Tomak Y, Ozer M, Gülman B, Ataman A, et al. Tendon repair with the strengthened modified Kessler, modified Kessler, and Savage suture techniques: A biomechanical comparison. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2007;41:238–43.
3. Herbolt M, Haber A, Zantop T, Gosheger G, Rosslenbroich S, Raschke MJ, et al. Biomechanical comparison of the primary stability of suturing Achilles tendon rupture: A cadaver study of Bunnell and Kessler techniques under cyclic loading conditions. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008;128:1273–7.
4. McCoy BW, Haddad SL. The strength of Achilles tendon repair: A comparison of three suture techniques in human cadaver tendons. *Foot Ankle Int.* 2010;31:701–5.
5. Sadoghi P, Rosso C, Valderrabano V, Leithner A, Vavken P. Initial Achilles tendon repair strength—synthesized biomechanical data from 196 cadaver repairs. *Int Orthop.* 2012;36:1947–51.
6. Gnanth RJ, Smith JL, Nguyen-Ta K, McDonald L, LeClere LE. High-tensile strength tape versus high-tensile strength suture: A biomechanical study. *Arthroscopy.* 2016;32:356–63.
7. Clanton TO, Haytmanek CT, Williams BT, Civitarese DM, Turnbull TL, Massey MB, et al. A biomechanical comparison of an open repair and 3 minimally invasive percutaneous Achilles tendon repair techniques during a simulated, progressive rehabilitation protocol. *Am J Sports Med.* 2015;43:1957–64.
8. Gebauer M, Beil FT, Beckmann J, Sárváry AM, Uebliacker P, Ruecker AH, et al. Mechanical evaluation of different techniques for Achilles tendon repair. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2007;127:795–9.
9. Amlang MH, Christiani P, Heinz P, Zwipp H. Percutaneous technique for Achilles tendon repair with the Dresden Instruments. *Unfallchirurg.* 2005;108:529–36.
10. Amlang MH, Christiani P, Heinz P, Zwipp H. Die perkutane Naht der Achillessehne mit dem Dresdner Instrument. *Oper Orthop Traumatol.* 2006;18:287–9.
11. Khan RJK, Fick D, Keogh A, Crawford J, Brammar T, Parker M. Treatment of acute Achilles tendon ruptures. A meta-analysis of randomized, controlled trials. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87:2202–10.

12. Khan RJ, Carey Smith RL. Surgical interventions for treating acute Achilles tendon ruptures. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Online). 2010;(9):CD003674 [consultado 2 Ene 2016]. Disponible en: <http://doi.org/10.1002/14651858.CD003674.pub4>.
13. Silbernagel KG, Steele R, Manal K. Deficits in heel-rise height and Achilles tendon elongation occur in patients recovering from an Achilles tendon rupture. *Am J Sports Med*. 2012;40:1564-71.
14. Henríquez H, Muñoz R, Carcuro G, Bastías C. Is percutaneous repair better than open repair in acute Achilles tendon rupture? *Clin Orthop Relat Res*. 2012;470:998-1003.
15. Keller A, Ortiz C, Wagner E, Wagner P, Mocoçain P. Mini-open tenorrhaphy of acute Achilles tendon ruptures: Medium-term follow-up of 100 cases. *Am J Sports Med*. 2014;42:731-6.
16. De la Fuente C, Peña y Lillo R, Carreño G, Marambio H. Prospective randomized clinical trial of aggressive rehabilitation after acute Achilles tendon ruptures repaired with Dresden technique. *Foot (Edinb)*. [ed electronica]. 2015 [consultado 20 Ene 2016]. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.foot.2015.10.003>.
17. Seabastin SJ, Ho A, Karjalainen T, Chung KC. History and evolution of the Kessler repair. *J Hand Surg Am*. 2013;38:552-61.
18. Magnussen R, Glisson RR, Moorman CT. Augmentation of Achilles tendon repair with extracellular matrix xenograft: A biomechanical analysis. *Am J Sports Med*. 2011;39:1522-7.
19. Crolla RM, van Leeuwen DM, van Ramshorst B, van der Werken C. Acute rupture of the tendo calcaneus. Surgical repair with functional after treatment. *Acta Orthop Belg*. 1987;53:492-4.
20. Kearney RS, McGuinness KR, Achten J, Costa ML. A systematic review of early rehabilitation methods following a rupture of the Achilles tendon. *Physiotherapy*. 2012;98:24-32.
21. Barrie KA, Tomak SL, Cholewicki J, Wolfe SW. The role of multiple strands and locking sutures on gap formation of flexor tendon repairs during cyclical loading. *J Hand Surg Am*. 2000;25:714-20.
22. Dinopoulos HT, Boyer MI, Burns ME, Gelberman RH, Silva MJ. The resistance of a four- and eight-strand suture technique to gap formation during tensile testing: An experimental study of repaired canine flexor tendons after 10 days of in vivo healing. *J Hand Surg Am*. 2000;25:489-98.
23. Gill RS, Lim BH, Shatford RA, Toth E, Voor MJ, Tsai TM. A comparative analysis of the six-strand double-loop flexor tendon repair and three other techniques: A human cadaveric study. *J Hand Surg Am*. 1999;24:1315-22.
24. Ortiz C, Wagner E, Mocoçain P, Labarca G, Keller A, del Buono A, et al. Biomechanical comparison of four methods of repair of the Achilles tendon: A laboratory study with bovine tendons. *J Bone Joint Surg Br*. 2012;94:663-7.
25. Kangas J, Pajala A, Ohtonen P, Leppilahti J. Achilles tendon elongation after rupture repair: A randomized comparison of 2 postoperative regimens. *Am J Sports Med*. 2007;35:59-64.
26. Karabinas PK, Benetos IS, Lampropoulou-Adamidou K, Romoudis P, Mavrogenis AF, Vlamis J. Percutaneous versus open repair of acute Achilles tendon ruptures. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014;24:607-13.