

CASO CLÍNICO

Ruptura de la polea A2 luego de una cirugía para la liberación de dedo en gatillo: reporte de dos casos y revisión de la literatura



Jaime Alberto Londoño^a, Luis Felipe Náquira Escobar^{a,*} y María del Pilar Duque Orozco^b

^a Ortopedista y traumatólogo, especialista en cirugía de mano, Hospital Pablo Tobón Uribe, Medellín, Colombia

^b Residente de Ortopedia y Traumatología, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia

Recibido el 22 de abril de 2014; aceptado el 8 de abril de 2015

Disponible en Internet el 26 de mayo de 2015

PALABRAS CLAVE

Trastorno del Dedo en Gatillo/
complicaciones;
Tendones/cirugía;
Dedos/cirugía;
Fenómenos biomecánicos;
Informes de Casos

KEYWORDS

Trigger Finger Disorder/complications;
Tendons/surgery;
Fingers/surgery;
Biomechanical Phenomena;
Case Reports

Resumen El sistema de poleas juega un papel fundamental en la función del aparato flexor de los dedos en la mano; las poleas A2 y A4 son las más importantes para mantener la biomecánica normal. La lesión de la polea A2 específicamente lleva a cambios serios que producen alteraciones clínicas y funcionales para el dedo afectado y la mano en conjunto. Se presentan dos casos de lesión de la polea A2 con signo clínico de cuerda de arco en pacientes previamente sometidas a liberación de dedo en gatillo, y se hace una revisión de la literatura sobre el tema.

Nivel de evidencia: IV

© 2014 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Flexor tendon A2 pulley rupture after trigger finger surgery: Case report and literature review

Abstract A 2 and A 4 pulleys are the most important biomechanical structures for the fingers flexor apparatus. A 2 pulley injuries originate clinical and functional distress not only to the finger itself but also to the hand as a whole. Hereby, we present a case report of two previously trigger finger patients who underwent to a release surgery and presented bowstring complications after the surgery, as well as a literature review on diagnosis and treatment of this kind of complication.

Evidence level: IV

© 2014 Sociedad Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

* Autor para correspondencia: Hospital Pablo Tobón Uribe, calle 78B n.º 69-240, Medellín, Colombia, Cel.: +3184710852.
Correo electrónico: lnaquira@yahoo.com (L.F. Náquira Escobar).

Introducción

Existe un sistema complejo de poleas que permiten la funcionalidad normal del aparato flexor de los dedos. Dicho sistema está compuesto por cinco poleas anulares y tres poleas cruciformes. Las anulares son más rígidas y permiten que los tendones estén en estrecha relación con la superficie ósea; las cruciformes por su parte facilitan la flexión de los dedos por su gran flexibilidad.

Según estudios biomecánicos está claramente establecido que las poleas A2 y A4 son las más importantes para mantener la función de los dedos, por lo que es necesario preservarlas. La lesión de la polea A2 está descrita como una de las principales complicaciones de la cirugía de liberación de dedo en gatillo, no tanto por su frecuencia de presentación sino por su gran relevancia clínica.

En este trabajo se reportan dos casos en los que se diagnosticó de forma tardía una lesión de la polea A2 como complicación de la liberación de un dedo en gatillo. Adicionalmente, se hace una revisión de la literatura sobre la patología, su diagnóstico y las opciones terapéuticas disponibles.

Caso clínico 1

Se trata de una mujer de 46 años de edad que consultó al servicio de mano del Hospital Pablo Tobón Uribe (HPTU) por un cuadro consistente en dolor en el tercer dedo de la mano derecha con sensación de adormecimiento. Los síntomas aparecieron hace dos años, luego de realizársele una liberación de dedo en gatillo. Al examen físico se encontró el signo de la cuerda de arco en el tercer dedo de la mano derecha, con incapacidad tanto para la flexión como para la extensión completa. Además, había hipoestesia en la cara radial del dedo. Se hizo entonces una resonancia magnética (RM) simple donde se evidenció una lesión completa de la polea A2 con fibrosis extensa y subluxación palmar de los tendones flexores (fig. 1). También se encontró una dilata-

ción aneurismática de la rama colateral radial del tercer dedo.

Con estos hallazgos la paciente fue llevada a cirugía donde se hizo una exploración por abordaje de Bruner, encontrándose una lesión completa de la polea A2 con fibrosis y una lesión también completa de la rama nerviosa colateral radial del tercer dedo. Se procedió a hacer la reconstrucción de la polea con la técnica de triple lazada usando autoinjerto de *palmaris longus*. Adicionalmente, se hizo neulisis más neurrrografía de la rama nerviosa colateral radial. En el posoperatorio la paciente fue hospitalizada durante la primera semana y manejada con analgesia por catéter, fisioterapia intensiva y uso de férula dinámica para flexores presentando una adecuada evolución clínica sin complicaciones.

Caso clínico 2

Mujer de 47 años de edad que consultó por dolor en el tercer dedo de la mano izquierda, con incapacidad para la flexión y extensión completas y pérdida de la fuerza de aprensión. Como antecedente refirió que años atrás se le habían practicado cirugías para liberar dedos en gatillo en el segundo, tercer y cuarto dedos de la mano izquierda, con rigidez posterior del tercer dedo, que requirió un segundo procedimiento para tenolisis de flexores con malos resultados. Al examen físico se encontró dolor de tipo urente en todo el tercer dedo, con contractura en flexión de 40° de la articulación metacarpofalángica (MCF), e incapacidad para la flexión y extensión completas de la articulación interfalángica proximal (IFP). Adicionalmente, presentaba cuerda de arco palmar visible y palpable en el tercer dedo. Se hizo entonces RM simple de mano donde se evidenció engrosamiento del tendón del flexor profundo en el tercer dedo con fibrosis extensa y pérdida de la polea A2 (fig. 2).

Se llevó entonces a cirugía para exploración del sistema flexor del tercer dedo, encontrándose los flexores adheridos entre sí y trasladados hacia palmar, con gran fibrosis peritendinosa, contractura en flexión de la MCF y atrapamiento en

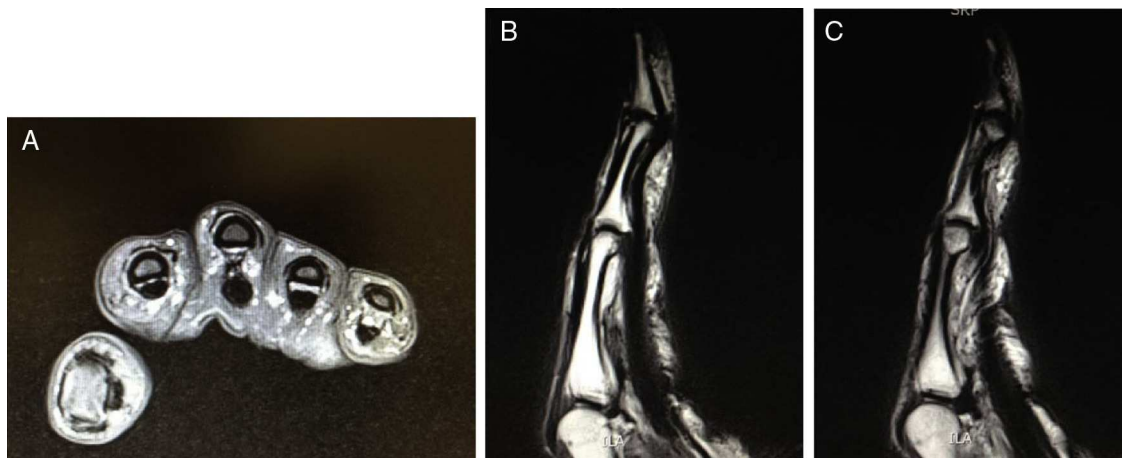


Figura 1 A: Imagen de corte axial de RM simple de los dedos de la mano derecha, donde se observa aumento del espacio entre los tendones flexores y la superficie ósea en el tercer dedo, indicando la traslación palmar de los tendones. B y C: Imágenes de cortes sagitales de RM simple del tercer dedo de la mano derecha, donde se observa aumento del espacio entre los tendones flexores y la superficie ósea a la altura de la polea A2. Nótese además la fibrosis extensa de los tejidos.

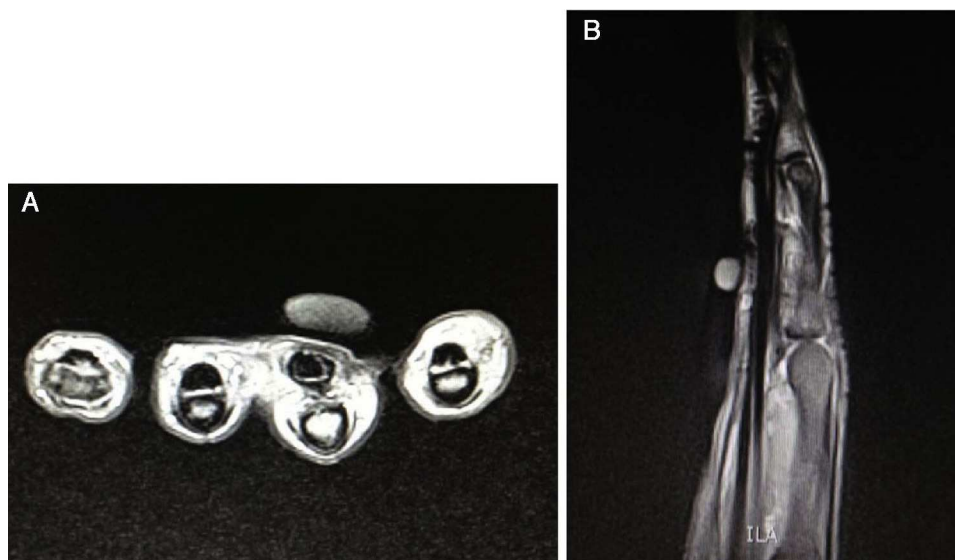


Figura 2 Imágenes de corte axial (A) y sagital (B) de RM simple de los dedos de la mano izquierda donde se ve el aumento del espacio entre los tendones flexores y la superficie ósea a la altura de la polea A2.

el tejido fibrótico de las colaterales nerviosas para el tercer dedo. Se hizo liberación articular de la MCF y reconstrucción de la polea A2 con técnica de triple lazada usando autoinjerto de *palmaris longus* y neurolisis de las colaterales del tercer dedo. En el posoperatorio se dio manejo hospitalario con analgesia por catéter, fisioterapia inmediata y uso de férula dinámica para flexores. Una semana después se dio el alta con muy buena evolución clínica.

Discusión

El sistema de poleas del mecanismo flexor de los dedos está compuesto por dos tipos de poleas, cinco anulares (A1-A5) que se caracterizan por ser más gruesas y rígidas y tres cruciformes (C1-C3) más delgadas y flexibles (fig. 3).

Cada una de las poleas está compuesta por tres capas: la más interna segrega ácido hialurónico y está diseñada para facilitar el deslizamiento de los tendones dentro del túnel fibroso; la capa intermedia es rica en colágeno y es la responsable de que la polea pueda resistir la traslación palmar de los tendones; la tercera capa o capa areolar exterior es la que facilita la nutrición de la polea¹. En conjunto, el sistema de poleas permite una mejor excursión de los tendones y agrega eficiencia al aparato flexor. Al mantener los tendones cerca del hueso, los acerca al eje de rotación articular digital haciendo que con la excursión del tendón se genere un desplazamiento angular conjunto de la articulación.

Con respecto a la lesión de las poleas, esta puede darse en deportistas de alto rendimiento como escaladores o jugadores de bolos o de baloncesto, luego de un trauma directo o después de una disección quirúrgica inadecuada. Sin embargo, también se han reportado casos en personas, aparte de estos grupos, que en la vida cotidiana deben asumir la posición de enganche de la mano para sujetar objetos pesados². No todas las lesiones tienen la misma relevancia, ya que por su ubicación y función específica hay poleas de

las cuales se puede prescindir sin que esto afecte la función del dedo.

Según diferentes autores como Doyle, Idler, Lin y Peterson³⁻⁶ las poleas A2 y A4 son esenciales para la función digital normal, aunque la polea A3 puede tener importancia funcional cuando las poleas A2 y A4 están perdidas⁷. Esta condición tiene su explicación en la biomecánica del aparato flexor, ya que por su ubicación, estas poleas son las más eficaces para evitar el desplazamiento palmar de los tendones y producir un fenómeno de cuerda de arco.

Una vez que se tiene dicho fenómeno y los tendones son trasladados hacia palmar durante la flexión del dedo, necesariamente se alejan del centro de rotación articular. Este efecto fue descrito por Brand en sus estudios acerca de la biomecánica de la articulación MCF^{8,9}, quien explicó que la función de un tendón depende de dos variables principalmente: la tensión del tendón y el brazo de palanca. Este último es la distancia perpendicular entre el tendón y el eje de rotación articular. Cuando se presenta la cuerda de arco y el tendón se traslada hacia palmar, esta distancia crece, aumentando el brazo de palanca (fig. 4). Como resultado, los tendones flexores desarrollan mayor ventaja mecánica con respecto a su tendón extensor correspondiente y esto resulta en limitación para la extensión activa completa del dedo. Además, el radio desde el centro del eje de rotación articular aumenta, sin que aumente de forma compensatoria el del tendón flexor, lo cual se traduce en que el dedo requiere hasta un 44% más de trabajo para hacer la flexión activa.

Una vez se ha dado esta alteración biomecánica, clínicamente se asocia con pérdida de la potencia durante la flexión del dedo, pérdida del rango de movimiento, riesgo de ruptura de una polea adicional y el desarrollo de contracturas en flexión fija a largo plazo¹⁰.

Con respecto al porcentaje de la polea A2 necesario para desarrollar una función adecuada, aún no se tiene consenso. Estudios experimentales mostraron que una escisión de esta

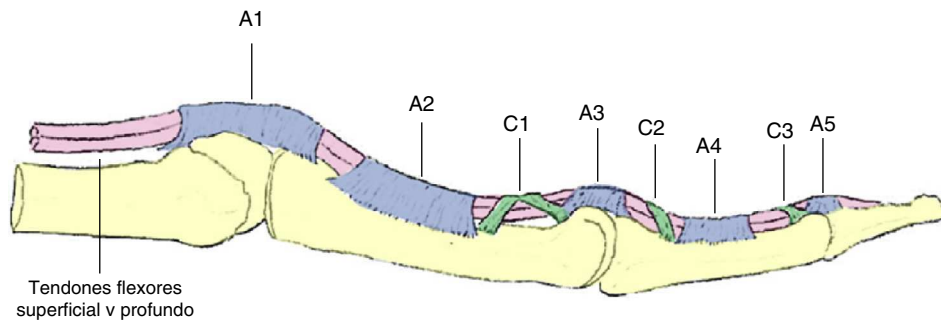


Figura 3 Imagen representativa de una visión lateral de un dedo donde se observan las poleas (A1-A5 y C1-C3), los tendones flexores superficial y profundo y las estructuras óseas.

polea disminuirá la fuerza de flexión entre el 1,6% y el 10%¹¹⁻¹³. Tang notó una pérdida de un 0,7% del rango total de movimiento cuando se hacía escisión de la mitad proximal de la polea A2. Tomaino, en su trabajo enfocado en la biomecánica del aparato flexor luego de la escisión parcial selectiva de la polea A2, encontró que la disminución en la rotación angular solo fue estadísticamente significativa después de la escisión del 50% al 75% de la polea¹⁴, y encontró que la disminución en la fuerza de flexión apareció de forma significativa solo cuando se hizo escisión del 75%. La pérdida en el rango de flexión se produjo principalmente en la articulación IFD, afectándose muy poco la articulación IFP. Estudios posteriores concluyeron que las poleas A2 y A4 pueden ser extirpadas hasta en un 25%, ya sea por separado o en combinación, sin efectos significativos sobre la función del mecanismo flexor^{15,16}.

Hay pocos casos reportados en la literatura sobre la lesión de la polea A2 producida luego de la liberación de un dedo en gatillo, por lo cual no se conoce la verdadera frecuencia en su presentación. Sin embargo, se sabe que es una de las principales complicaciones de esta cirugía por la gravedad que reviste, pero su presentación es afortunadamente rara^{17,18}. Tal vez una de las principales causas de dicha complicación es que el procedimiento de liberación de dedo en gatillo es generalmente subestimado por ser una cirugía corta, rela-

tivamente sencilla y con buenos resultados funcionales, lo cual lleva muchas veces a personal no idóneo a realizarla. Adicionalmente, la incisión para la apertura de la polea A1 puede hacerse de forma errónea, distal a su ubicación, casi sobre la polea A2 (cuando se tiene como referencia anatómica el pliegue palmar digital), lo que conlleva a que se abra la polea equivocada (fig. 5).

Sin embargo, existe también una razón anatómica, y es que dentro de la configuración habitual de las poleas se espera encontrar una clara separación entre las poleas A1 y A2, que generalmente mide entre 0,4 y 4,1 mm. Pese a esto, diferentes estudios anatómicos han demostrado continuidad entre las poleas A1 y A2 en el 50% de las personas, aunque para otros autores como Strauch y Moura esta variable se presenta hasta en el 65% de la población¹⁹. Cabe mencionar que todos parecen concordar en que aun cuando exista continuidad, es posible ver varios milímetros de pronunciada delgadez del tejido retinacular en el lugar usual de la disociación. Este es un aspecto que se debe tener en cuenta con el fin de evitar una ruptura iatrogénica de la polea A2, ya que en caso de presentarse, será necesario hacer una reconstrucción del sistema, y esta es tal vez una de las tareas más difíciles en la cirugía de mano, donde rara vez se obtienen buenos resultados aun después de un tratamiento adecuado²⁰.

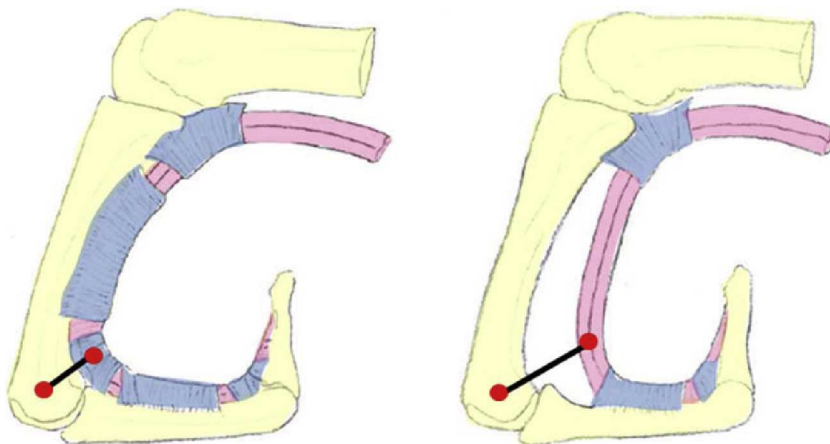


Figura 4 Imagen que representa el fenómeno de cuerda de arco, donde por ausencia de poleas (en este caso, las poleas A2, A3, C1 y C2) los tendones se trasladan hacia palmar, aumentando su distancia (línea) con respecto al centro de rotación articular y, por ende, el brazo de palanca.

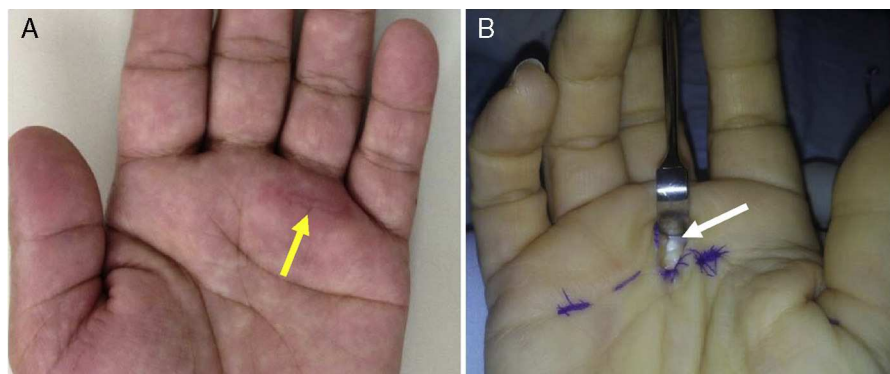


Figura 5 A: Fotografía que muestra una cicatriz (flecha) luego de una liberación de dedo en gatillo realizada erróneamente. B: Imagen que muestra la posición adecuada de las posibles incisiones (marcadas con azul de metileno) y la incisión para la liberación del dedo en gatillo del tercer dedo donde se alcanza a ver la polea A1 (flecha).

De la patología del dedo en gatillo es importante resaltar que aunque es raro, la polea A2 puede estar involucrada en la producción de un engatillamiento. Esta condición se conoce como “dedo en gatillo idiopático distal”, que se define como un bloqueo continuo del tendón porque su excursión está bloqueada distalmente²¹ y tiene tres orígenes definidos. El más distal se conoce como activación de la polea A3, fue descrito por Rayan²² en 1990, se atribuye a un trauma repetitivo en la polea A3 y se asocia a jugadores y deportistas. El tratamiento consiste en la liberación de la polea A3. El segundo tipo es el dedo en gatillo distal secundario a un proceso degenerativo. También es poco frecuente y se debe a un ensanchamiento fusiforme del tendón flexor profundo de los dedos a nivel de la polea A2. Llamativamente ambos tendones son normales a nivel de la polea A1. Esta entidad fue descrita originalmente por Seradge y Kleinert²³ en 1981 y el tratamiento recomendado fue una tenoplastia para retirar la parte central del tendón engrosado, evitando la división de la polea. Posteriormente Yuasa y Kiyoshige²⁴ recomendaron hacer una resección parcial del tendón superficial en lugar de la reducción del tendón profundo, pero también manteniendo la integridad de la polea A2. Estos pacientes generalmente tienen metaplasia fibrocartilaginosa de la polea y del tendón.

El tercer tipo de dedo en gatillo distal es relativamente común y se asocia a contractura crónica en flexión de la articulación IFP. En este caso la lesión se da a nivel de las poleas A1 y A2, ya que según se cree la patología inicia como un dedo en gatillo común en la polea A1, que no es tratado a tiempo y lleva a una contractura en flexión fija. Dicha contractura produce una degeneración y ensanchamiento del flexor superficial de los dedos y posterior engatillamiento adicional en la polea A2. Esta patología fue descrita por Le Viet²⁵ en el 2004 y el tratamiento recomendado es la escisión de la polea A1 y la resección parcial del tendón flexor superficial de los dedos.

Estudios recientes, han descrito un cuarto tipo de dedo en gatillo idiopático distal, el cual consiste en un ensanchamiento fusiforme de los tendones flexores que se presenta debajo de la polea A1 y solo en el borde proximal de la polea A2. Por lo tanto, el tratamiento recomendado es la división de la polea A1 y la escisión parcial de los 3 a 4 mm proximales de la polea A2 sin que esto conlleve a un fenómeno de

cuerda de arco que, en caso de presentarse aumento de la fuerza de trabajo, no sería de relevancia clínica según los autores²⁶.

Como se mencionó antes, una vez se produce una lesión de la polea A2 luego de una liberación de dedo en gatillo el diagnóstico generalmente se hace de forma tardía, ya que en la etapa inicial es posible hacer flexo-extensión completa del dedo afectado. Sin embargo, después sobreviene el fenómeno de cuerda de arco donde se palpa una protuberancia en la región MCF y palmar de la mano, con alteración progresiva de la función, algunas veces generando dolor con disminución de la fuerza de agarre y posteriormente produciendo contractura progresiva en flexión de las articulaciones MCP, IFP e IFD²⁷. Por lo anterior es definitivo un diagnóstico temprano ya que mejorará de forma importante el pronóstico.

El diagnóstico puede hacerse clínicamente o con ayuda de ecografía o RM simple^{28,29}. La ecografía debe hacerse dinámica y con alta resolución. Tiene la ventaja de ser económica y no invasiva; sin embargo, es operador dependiente y aunque la literatura no la identifica como la prueba estándar en el diagnóstico de esta patología, hay estudios donde se ha usado para el diagnóstico de lesiones cerradas de poleas A2 y A4 en escaladores donde se ha reportado una sensibilidad del 98% y una especificidad del 100% en manos entrenadas³⁰. La principal ventaja es la interacción con el paciente durante el examen y la posibilidad de evaluar el sistema en diferentes grados de flexión, incluso con flexión extrema que es donde se evidencia más fácilmente la posible lesión. La recomendación por esto es solicitarla cuando se tengan dudas clínicas del diagnóstico, generalmente en lesiones agudas³¹, e inclusive de forma rutinaria en escaladores con algún tipo de síntoma, teniendo como criterio general que una distancia tendón-hueso mayor de 2 mm a la altura de A2 es sugestiva de ruptura³².

La RM simple por su parte tampoco tiene una clara utilidad, ya que según lo descrito por Erickson la visualización de la polea en la resonancia magnética es inconstante. Generalmente se ve como una delgada estructura de señal hipointensa que atraviesa el tendón flexor³³. Una publicación reciente sugiere que la resonancia magnética no es muy efectiva para evaluar la polea como tal, pero sí para examinar la efectividad mecánica de la misma, tomando



Figura 6 A: Imagen de corte coronal de RM donde se ven los tendones flexores del tercer dedo y el tejido fibrótico en el área donde debería estar la polea A2 (círculo). B: Imagen de corte sagital donde es fácil apreciar el aumento del espacio entre los tendones flexores y el centro de rotación articular de la MCP (línea).

imágenes del dedo en flexión y extensión para lograr evidenciar la cuerda de arco formada y la tenosinovitis redundante (fig. 6).

Para el tratamiento de una lesión de la polea A2 luego de la liberación de un dedo en gatillo existen diferentes técnicas quirúrgicas que buscan hacer reconstrucción de la polea y restaurar la biomecánica del mecanismo flexor. A pesar de la variedad en cuanto a materiales, injertos y técnicas disponibles, es importante tener en cuenta algunos principios básicos para la reconstrucción, que darán una pauta adecuada al cirujano. Estos son: 1) Siempre se debe conservar tanto de la polea lesionada y de la vaina flexora como sea posible, ya que no solo permite hacer una reconstrucción más precisa sino que disminuye el tiempo de cicatrización y genera menor cantidad de tejido cicatricial, 2) Se debe procurar hacer siempre reconstrucciones anatómicas, tratando de que la polea reconstruida sea lo más parecida posible a la polea nativa en cuanto a ubicación, longitud y tensión, 3) En caso de usar injerto, se debe elegir, de ser posible, un injerto intrasinovial, ya que este genera menor resistencia al paso del tendón y cicatriza de forma más adecuada.

Con respecto a la tensión, lo que se busca es que la polea esté lo suficientemente tensa como para evitar el fenómeno de cuerda de arco, pero lo suficiente suelta para permitir el deslizamiento de los tendones flexores. Algunos autores recomiendan hacer el procedimiento con anestesia local para que el paciente haga flexo-extensión activa del dedo en el intraoperatorio. Otros sugieren poner un pin de Kirschner junto a los tendones para mantener un espacio adecuado al momento de suturar la polea. También se ha propuesto poner pinzas hemostáticas en las cuatro esquinas de la polea durante el tensado o asegurar la excursión de los tendones 30°, de 0 a 30° o de 60° a 90° de flexión. Sin embargo, a la luz de la literatura actual, parece que la mejor manera de lograr un adecuado tensado es con el uso de varios cordones o lazadas para reconstruir la polea³⁴.

Entre las técnicas de reconstrucción está la técnica de Kleinert y Weilby³⁵, que consiste en tejer el injerto de tendón al "siempre presente anillo fibroso" de la polea lesionada, lo que permite controlar la tensión pero carece de resistencia inmediata. La técnica de "la triple lazada", descrita por Okutsu³⁶ como una modificación a la técnica de Bunnell, consiste en pasar tres injertos individualmente alrededor de la falange y suturarlos sobre sí mismos. Esta técnica ha demostrado ser la que permite mayor soporte de carga. En un estudio posterior, Lin describió que una lazada doble podría también soportar la carga necesaria para el movimiento normal, pero sin hacer una disección tan extensa del sistema extensor y con menor riesgo de interferir con la nutrición de los tendones flexores; por esto se propuso modificar nuevamente la técnica de "la triple lazada" y desarrollarla con lazada doble. Lister describió una técnica usando injerto del retináculo extensor³⁷, dispuesto alrededor de la falange. Esta es la técnica que menor resistencia ofrece a la excursión de los tendones flexores, pero tiene baja resistencia y es necesario hacer una incisión adicional para tomar el injerto. La técnica de "la lazada y media" descrita por Widstrom³⁸ usa un injerto que pasa alrededor de la falange y otro que sutura a los extremos del primero. La técnica de Karev, en la cual el tendón se pasa a través de la placa volar, no es útil en este caso porque se cuenta con tendones íntegros.

En un estudio cadavérico presentado en la reunión de la Sociedad Americana para Cirugía de Mano (54.º congreso anual), en donde compararon las técnicas de Lister, Karev, Kleinert-Weilby, "triple lazada" y "lazada y media", se buscó definir cuál era más eficaz durante la flexión digital. Se encontró que las técnicas de la "triple lazada" y la de Kleinert-Weilby fueron superiores a las otras.

Para la reconstrucción de las poleas se han usado también injertos sintéticos; aunque es una opción relativamente nueva y carece de evidencia, se puede tener en cuenta

como opción adicional. Los injertos estudiados a la fecha son dacrón, silicona, nylon y politetrafluoroetileno (PTFE). Al parecer, el PTFE es el más prometedor de todos, ya que según estudios realizados este material permite la adecuada cicatrización del tejido, soporta la carga necesaria para la movilización precoz y no genera reacción de cuerpo extraño³⁹.

Sin embargo y pese a que existen múltiples técnicas se reconoce que la elección del método dependerá del tipo de lesión, las condiciones del tejido y las preferencias del cirujano.

Conclusión

La ruptura de la polea A2 como complicación de una liberación de un dedo en gatillo es una entidad poco común pero con grandes implicaciones en la biomecánica del sistema flexor, ya que según se conoce esta polea es esencial para la función adecuada del mismo. Por lo anterior, consideramos que es de suma importancia el entendimiento de que la cirugía para liberar un dedo en gatillo es un procedimiento complejo, que requiere un conocimiento detallado de la anatomía, de la biomecánica y de la técnica quirúrgica como tal. Se recomienda que solo sea realizado por personal idóneo, capaz de solucionar complicaciones tan importantes como la lesión de la polea A2.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes

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

Bibliografía

1. Wolfe SW, Hotchkiss RN, Pederson WC, Kozin SH. Green's operative hand surgery. 6.ª ed. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2010.
2. Schöffl VR, Jüngert J. Closed flexor pulley injuries in nonclimbing activities. *J Hand Surg.* 2006;31A:806–10.
3. Doyle BW, Blythe W. The finger flexor tendon sheath and pulleys. Anatomy and reconstruction. En: Hunter JM, Scheider LH, editores. Symposium on tendon surgery in the hand. St Louis: Mosby; 1975. p. 81–7.
4. Idler RS, Strickland JW. The effects of pulley resection on the biomechanics of the PIP joint. *J Hand Surg.* 1984, 9A:595.
5. Lin GT, Amadio PC, An KN, Cooney WP. Functional anatomy of the human digital flexor pulley system. *J Hand Surg.* 1989;14A:949–56.
6. Peterson WW, Manske PR, Bollinger BA, Lesker PA, McCarthy JA. Effect of pulley excision on flexor tendon biomechanics. *J Orthop Res.* 1986;4:96–101.
7. Goldstein SA, Greene TL, Ward WS, Matthews LS. A biomechanical evaluation of the function of the digital pulleys. *Orthop Trans.* 1984;8:354.
8. Brand PW. Clinical mechanics of the hand. St. Louis: CV Mosby; 1985. p. 30–60.
9. Brand PW, Ellis JC. Tendon and pulleys at the metacarpophalangeal joint of a finger. *J Bone Joint Surg.* 1975;57A:779–84.
10. Bowers WH, Kuzma GR, Bynum DK. Closed traumatic rupture of finger flexor pulleys. *J Hand Surg.* 1994;19A:782–7.
11. Manske PR, Lesker PA. Palmar aponeurosis pulley. *J Hand Surg.* 1983;8:259–63.
12. Lin GT, Amadio PC, An KN, Cooney WP, Chao EY. Biomechanical analysis of finger flexor pulley reconstruction. *J Hand Surg.* 1989;14B:278–82.
13. Tang JB. The double sheath system and tendon gliding in zone 2C. *J Hand Surg.* 1995;20B:281–5.
14. Tomaino M, Mitsionis G, Basitidas J, Grewal R, Pfaeffle J. The effect of partial excision of the A2 and A4 pulleys on the biomechanics of finger flexion. *J Hand Surg Br.* 1998;23B(1):50–2.
15. Mitsionis G, Bastidas JA, Grewal R, Pfaeffle HJ, Fischer KJ, Tomaino MM. Feasibility of partial A2 and A4 pulley excision: effect on finger flexor tendon biomechanics. *J Hand Surg.* 1999;24A:310–4.
16. Moriya T, Thoreson AR, Zhao C, An KN, Amadio PC. The effects of oblique or transverse partial excision of the A2 pulley on gliding resistance during cyclic motion following zone II flexor digitorum profundus repair in a cadaveric model. *J Hand Surg.* 2012;37A:1634–8.
17. Heithoff SJ, Millender LH, Helman J. Bowstringing as a complication of trigger finger release. *J Hand Surg.* 1988;13A:567–70.
18. Kato N, Yoshizawa T, Sakai H. Useful MRI assessment for bowstringing of the flexor tendon after trigger finger release. *J Orthop Sci.* 2014;19(1):186–9.
19. Strauch B, de Moura W. Digital flexor tendon sheath: an anatomic study. *J Hand Surg.* 1985;10A:785–9.
20. Momeni A, Grauel E, Chang J. Complications after flexor tendon injuries. *Hand Clin.* 2009;26:179–89.
21. Ryzewicz M, Wolf JM. Trigger digits: principles, management, and complications. *J Hand Surg.* 2006;31A:135–46.
22. Rayan GM. Distal stenosing tenosynovitis. *J Hand Surg.* 1990;15A:973–5.
23. Seradge H, Kleinert HE. Reduction flexor tenoplasty. *J Hand Surg.* 1981;6:543–4.
24. Yuasa K, Kiyoshige Y. Partial resection of the flexor digitorum superficialis tendon for triggering at the chiasma tendinum. *Seikeigeka.* 2002;53:1631–3.
25. Le Viet D, Tsionos I, Bouloundenine M, Hannouche D. Trigger finger treated by ulnar superficialis slip resection (U. S. S. R). *J Hand Surg.* 2004;29B:368–73.
26. Al-Qattan MM. Trigger fingers requiring simultaneous division of the A1 pulley and the proximal part of the A2 pulley. *J Hand Surg.* 2007;32E(5):521–3.
27. Naidu SH, Rinkus K. Multiple-loop, uniform-tension flexor pulley reconstruction. *J Hand Surg Am.* 2007;32(2):265–8.
28. Klauser K, Frauscher F, Bodner G, Halpern EJ, Schocke MF, Springer P, et al. Finger pulley injuries in extreme rock climbers: depiction with dynamic US1. *Radiology.* 2002;222:755–61.
29. Bodner G, Rudisch A, Gabl M, Judmaier W, Springer P, Klauser A. Diagnosis of digital flexion tendon annular pulley disruption: comparison of high frequency ultrasound and MRI. *Ultraschall Med.* 1999;20(4):131–6.
30. El-Sheikh Y, Wong I, Farrokhhyar F, Thoma A. Diagnosis of finger flexor pulley injury in rock climbers: a systematic review. *Can J Plast Surg.* 2006;14(4):227–31.
31. Parellada JA, Balkissoon AR, Hayes CW, Conway WF. Bowstring injury of the flexor tendon pulley system: MR imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 1996;167(2):347–9.
32. Hauger O, Chung CB, Lektrakul N, Botte MJ, Trudell D, Boutin RD, Resnick D. Pulley system in the fingers: normal anatomy and

- simulated lesions in cadavers at MR imaging, CT, and US with and without contrast material distention of the tendon sheath. *Radiology*. 2000;217:201-12.
33. Erickson SJ, Kneeland B, Middleton WD, Jesmanowicz A, Hyd J, Lawson TL, et al. MR imaging of the finger: correlation with normal anatomic sections. *Am J Roentgenol*. 1989;152:1013-9.
 34. Mehta V, Phillips CS. Flexor tendon pulley reconstruction. *Hand Clin*. 2005;21:245-51.
 35. Kleinert HE, Bennett JB. Digital pulley reconstruction employing the always present rim of the previous pulley. *J Hand Surg*. 1978;3A:297-8.
 36. Okutsu I, Ninomiya S, Hiraki S, Inanami H, Kuroshima N. Three loop technique for A2 pulley reconstruction. *J Hand Surg*. 1987;12A:790-4.
 37. Lister GD. Reconstruction of pulleys employing extensor retinaculum. *J Hand Surg Am*. 1979;4(5):461-4.
 38. Widstrom CJ, Johnson G, Doyle JR, Manske PR, Inhofe P. A mechanical study of six digit pulley reconstruction techniques: part I. Mechanical effectiveness *J Hand Surg*. 1989;14A:821-5.
 39. Bartle BK, Telepun GM, Goldberg NH. Development of a synthetic replacement for flexor tendon pulleys using expanded polytetrafluoroethylene membrane. *Ann Plast Surg*. 1992;28(3):266-70.