



Estudio anatómico: Variaciones del sistema de poleas del pulgar, una nueva clasificación

Anatomical study: Variations of the system of pulleys of the thumb, a new classification



Ripoll, Guzmán; Jaber, Samer; Neirreiter, Alejandra; Corderi, Fabricio; Glumcher, Damián; Estapé, Gonzalo

Depto. de Anatomía. Facultad de Medicina CLAEH. Punta del Este - Uruguay

E-mail de autor: Guzmán Ripoll guzman.ripoll@gmail.com

Resumen

Introducción: La anatomía del sistema de poleas del pulgar, descrita originalmente por Doyle y Blythe (1977), consiste en 3 poleas: A1, O, y A2; repitiéndose en los tratados de anatomía quirúrgica desde entonces. Schmidt y Fischer (1999) plantean que esta disposición es sólo observada en 10% de los pulgares. Desde entonces, este sistema se encuentra en revisión.

Métodos: Es un estudio observacional analítico, basado en la disección de 17 manos de 10 cadáveres formolizados (6 hombres y 4 mujeres). De 3 cadáveres sólo utilizamos una mano, puesto que las contralaterales presentaban lesiones o fueron previamente disecadas. La disección se realizó bajo magnificación 3,5x, el abordaje fue en zig-zag tipo Brunner por cara palmar del pulgar. Se calificó tipo de polea así como se tomaron medidas con calibre manual.

Resultados: Identificamos 5 tipos distintos de poleas, que catalogamos de acuerdo a la clasificación de Schubert en 4 tipos: I, presenta la disposición original con una polea A1, oblicua, y A2; II presenta una polea A1, variable (Av), oblicua, y A2, siendo la polea A1 y Av paralelas; III presenta una polea A1, Av, oblicua, y A2, siendo la polea Av paralela a la polea O; IV presenta una polea A1, Av, oblicua, y A2, estando la polea A1 y Av fusionadas; y agregamos un quinto tipo que fue un hallazgo en nuestro estudio, que presenta una polea A1, Av, oblicua, cruciforme, y A2. Los resultados fueron: tipo I 11,8 % (n=2); tipo II 23,5 % (n=3); tipo III 29,4% (n=5); tipo IV 29,4% (n=5); y tipo V 5,8% (n=1).

Conclusiones: La disposición anatómica descrita por un sistema de poleas del pulgar compuesto por 3 elementos, no es lo más habitual (11,8%). Existiendo en la mayoría de los casos un sistema de poleas compuesto por 4 elementos (82,3%), y por 5 elementos (5,8%). Planteamos una modificación a la clasificación de Schubert, incluyendo un quinto tipo que incluye la presencia de una polea cruciforme. La polea Av es un elemento normal presente en el 89,2%. Este hecho debe ser tenido en cuenta en la literatura actual de la cirugía de la mano, para evitar errores en la concepción de la anatomía del pulgar. El correcto conocimiento anatómico del sistema de poleas del pulgar creemos tendrá impacto en distintos procedimientos quirúrgicos como el tratamiento del pulgar en resorte.

Palabras clave: pulgar, poleas, sistema poleas pulgar, dedo en resorte, variación anatómica

Abstract

Background: Originally described by Doyle and Blythe, and perpetuated in hand surgery treaties since, 3 pulleys have been described in the thumb: A1, O, and A2. Ever since Schmidt in 1999 showed that these pulleys were only present in 10% of all thumbs, this system has been in revision. Multiple authors have found variations both in the disposition and quantity of elements that form them.

Methods: This is an observational study, based on dissection of 17 hands. In 3 of the cadavers only one hand was dissected, due to prior injury or prior dissection without preservation of the pulley system. Under 3,5x magnification, we performed a Brunner type zig zag incision on the column of the thumb, allowing identification of the thumb's sheath and pulleys. Two independent investigators determined pulley type and measurement with a manual caliper, with the thumb in extension. The average of both measurements was used.

Results: 5 pulley types were identified and catalogued according to Schubert's classification. Type I, is the original disposition with an A1 pulley, an oblique pulley, and an A2 pulley. Type II presents an A1, a variable pulley (Av), oblique, and A2, with A1 and Av being parallel. Type III presents A1, Av, oblique, and A2, with A1 and A2 fused. We found a fifth type, with A1, Av, oblique, cruciform, and A2. Our results show type I 11,8% (n=2); II 23,5% (n=3); III 29,4% (n=5); IV 29,4% (n=5); and V 5,8% (n=1).

Conclusions: From the literature reviewed and our own series, we have found that the classical description of the pulley system is not the most frequent one. As a matter of fact, it represents only 11.8% in our series, with systems in which 4 pulleys were present accounting for 82,3%, and 5 pulleys 5.8%. We propose a modification to the classification of Schubert, adding a fifth type which includes an cruciform pulley. The Av pulley is a normal anatomic element, present in 89,2%.

This fact must be accounted for in current hand surgery to avoid misconceptions in thumb anatomy. We believe that accurate anatomical studies of the pulley system of the thumb may have repercussions for some procedures, such as trigger thumb surgery.

Keywords: thumb, pulley, thumb pulley system, trigger thumb, anatomical variation

Introducción

El sistema de poleas es definido por Doyle y Blythe como una condensación de tejido fibroso que se encuentra a nivel de puntos estratégicos a lo largo de la vaina flexora digital, permitiendo una asociación apropiada entre tendón y articulación, que permite una adecuada flexión articular economizando la excursión tendinosa.¹⁻²⁻³

A nivel del pulgar se describió por primera vez en el año 1823-1826 por Antonomarchi una polea oblicua y una polea arciforme a nivel de la falange proximal, descripción que fue avalada en el año 1832 por Bourgerly y Jacob.⁴

Recién en el año 1977 Doyle y Blythe, en un estudio basado en la observación intraoperatoria y en disecciones cadavéricas, no especificando en la investigación el número de casos, demostraron la existencia de un sistema de poleas compuesto por: **una polea anular proximal (A1), una polea oblicua media (O) y una polea anular distal (A2)**. Concluyendo que la polea oblicua es la más importante en el pulgar, ya que es la responsable de prevenir el fenómeno de cuerda de arco.² Destacamos que esta clasificación se repite en numerosos tratados y publicaciones de anatomía quirúrgica de la mano.⁴⁻⁵⁻⁶⁻⁷

En el año 1994 Zissimos y col, estudiaron la biomecánica del sistema de poleas a nivel del pulgar concluyendo que la reparación o reconstrucción de la polea A1 u oblicua restaura el rango normal de movimiento del pulgar.¹⁰

Posteriormente en 1999 Schmidt y Fischer demostraron que la descripción original de Doyle y Blythe se encontraba únicamente en el 10% de los especímenes, y que en el 90% existía entre la polea A1 y la A2, una polea que llamaron "complejo de fibras en forma de Y" formado por una polea anular y una oblicua.⁹

En el año 2002 Bayat y col introdujeron el término de polea variable (Av), como la polea localizada entre la polea A1 y polea O. Estableciendo una clasificación del sistema de poleas, con 3 tipos los cuales todos presentan una polea Av. Además concluyen que la polea A1 y Av son las responsables de prevenir el fenómeno de cuerda de arco, no así la polea O.¹⁰

En el año 2008 Boretto y col, en un estudio anatómico intraoperatorio durante el tratamiento del pulgar en resorte, concluyen que la polea O previene el fenómeno de cuerda de arco, no pudiendo concluir la existencia de una polea Av como un elemento anatómico independiente separado de la polea A1, y determinando la existencia de una polea A1 con 3 distintas conformaciones anatómicas.¹¹

En el año 2012 Shubert y col, en un estudio anatómico cadavérico confirmaron la existencia de la polea Av en el 93% de los casos, estableciendo una clasificación del sistema de poleas en 4 tipos:

- tipo I existe una polea: A1, O, y A2;
- tipo II existe una polea: A1, Av paralela y separada de la polea A1, O, y A2;
- tipo III existe una polea: A1, Av oblicua a la polea A1, O, y A2;
- tipo IV existe una polea: A1 fusionada con la AV, O, y A2.¹²

Sin embargo a pesar de los diversos estudios analizados, continúa la controversia entre los distintos autores acerca de cual es la disposición más común de las poleas a nivel del pulgar, y cual es la polea que evita la formación del fenómeno de cuerda de arco.

Por lo que hemos decidido investigar en nuestra población, los componentes y características anatómicas de este sistema por medio de un estudio macroscópico tras la disección de piezas anatómicas, ya que en un determinado número de casos no despreciable no se coincide con la descripción original de Doyle y Blythe.

Material y método

Se trata de un estudio observacional y descriptivo, que se basó en la disección de 17 manos de 10 cadáveres formolizados (6 hombres y 4 mujeres) pertenecientes al departamento de anatomía de la Facultad de Medicina Claeh. Los mismos son de raza caucásica y en un rango etario de mayores de 60 años.

Siendo los criterios de exclusión del estudio, manos con lesiones previas, y/o previamente disecada. Por lo cual, de 3 cadáveres hemos utilizado solo una mano.

Este estudio fue realizado mediante la disección del pulgar bajo magnificación con lupas quirúrgicas 3,5x. Siendo el abordaje inicial mediante una incisión en zig-zag tipo Brunner a nivel de la cara palmar del pulgar, dado permite una correcta y completa exposición del mismo.

Luego mediante una disección cuidadosa por planos, se alcanzó el plano de la vaina flexora digital. Una vez lograda la exposición de la misma, con el pulgar en extensión, dos

investigadores distintos e independientes, realizaron la clasificación del sistema de poleas de acuerdo a la clasificación de Schubert. Así como también realizaron una medición de: el ancho de las poleas en su sector medio, y de la distancia entre las poleas en su punto medio desde el borde distal de la polea proximal al borde proximal de la polea distal, con un calibre manual Stanley modelo 78-201.

Todas las disecciones fueron fotografiadas con una cámara Canon 650D de 18 MP y lente Canon 28-135mm. Luego se realiza un análisis estadístico del intervalo de confianza de los datos obtenidos, utilizando el método t-student para una confiabilidad del 95%.

Resultados

Estudio anatómico

Identificamos que del total del sistema de poleas, el 11,8% presenta un sistema formado por 3 poleas (A1, O, A2), el 82,5% presenta un sistema formado por 4 poleas (A1, Av, O, A2), y el 5,8% presenta un sistema formado por 5 poleas (A1, Av, O, C, A2). Así como evidenciamos que la descripción de Schubert se da en el 94,2% de los casos (n=16), existiendo en el 5,8% (n=1) un sistema de poleas distintos a los antes descritos con la presencia una polea cruciforme entre la polea oblicua y la polea A2.

El tipo I (**Fig. 1**) fue encontrado en el 11,8% (n=2) de los casos analizados. Siendo la medida media de las dimensiones de las poleas: A1 4,1 mm; O 5,9 mm; y A2 6,4 mm. (**Tabla I**)

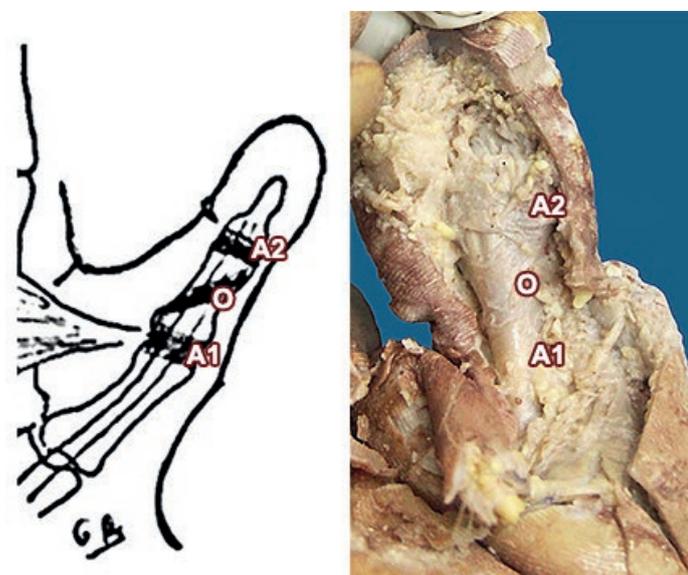


Fig. 1: Sistema de poleas Tipo I

El tipo II (**Fig. 2**) fue encontrado en el 23,5% (n=4) de los casos analizados. Siendo la medida media de las dimensiones de las poleas: A1 5,3 mm; Av 5,3 mm; O 4,8 mm; y A2 5,7 mm. (**Tabla I**)

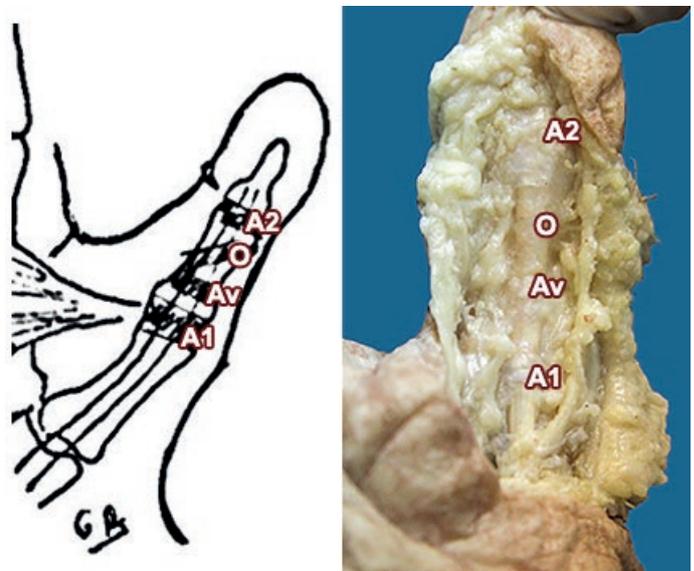


Fig. 2: Sistema de poleas Tipo II

El tipo III (**Fig. 3**) fue encontrado en el 29,4% (n=5) de los casos analizados. Siendo la medida media de las dimensiones de las poleas: A1 5,3 mm; Av 5,3 mm; O 3,9 mm; y A2 5,9 mm. (**Tabla I**)

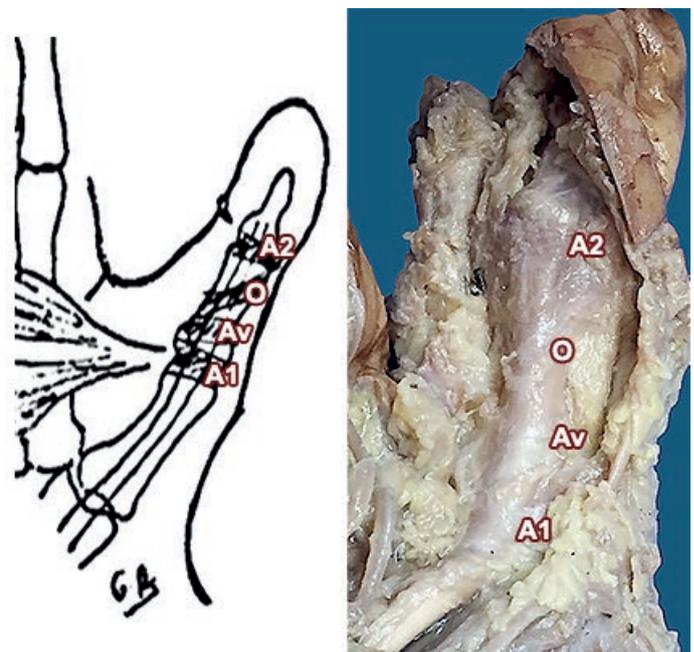


Fig. 3: Sistema de poleas Tipo III

	A1			Av			O			C			A2		
	Media (mm)	SD	IC	Media (mm)	SD	IC	Media (mm)	SD	IC	Media (mm)	SD	IC	Media (mm)	SD	IC
1 (n=2)	4,13	0,18	(0,94-7,30)	n/c	n/c	n/c	5,88	1,24	(0-28,10)	n/c	n/c	n/c	6,38	1,59	(0-35,00)
2 (n=4)	5,31	1,25	(2,71-7,92)	5,25	1,02	(3,12-7,38)	4,81	2,12	(0,40-9,23)	n/c	n/c	n/c	5,69	0,77	(4,07-7,30)
3 (n=5)	6,35	0,60	(5,41-7,29)	5,05	1,47	(2,74-7,35)	3,85	0,60	(2,90-4,79)	n/c	n/c	n/c	5,90	1,08	(4,20-7,59)
4 (n=5)	4,65	0,99	(3,09-6,20)	6,40	1,88	(3,45-9,35)	4,05	0,87	(2,69-5,41)	n/c	n/c	n/c	4,40	1,66	(1,79-7,00)
5 (n=1)	6,25	n/c	n/c	3,00	n/c	n/c	6,50	n/c	n/c	2,00	n/c	n/c	7,00	n/c	n/c
(n=17)	5,34	1,16	(4,65-6,03)	5,42	1,64	(4,37-6,48)	4,53	1,39	(3,70-5,36)	2,00	n/c	n/c	5,53	1,39	(4,70-6,36)

Tabla I: Dimensiones de las poleas en mm, calculada la media con un IC 95%. n/c: no corresponde dato

El tipo IV (**Fig. 4**) fue encontrado en el 29,4% (n=5) de los casos analizados. Siendo la medida media de las dimensiones de las poleas: complejo A1-Av 10,7 mm; O 4,1 mm; y A2 4,4 mm. (**Tabla I**)

Además constatamos un tipo distinto a los antes publicados, que presento 5 elementos, agregando a los elementos antes analizados una polea cruciforme, por lo que catalogamos a este sistema como tipo V, (**Fig. 5**) presentándose en el 5,8% (n=1) de los casos analizados. Siendo la medida media de las dimensiones de las poleas: complejo A1 6,3 mm; Av 3 mm; O 6,5 mm; C 2,2 mm, y A2 7 mm. (**Tabla I**)

En cuanto a las medidas de las poleas, tomando todos los tipos en conjunto, determinamos que: A1 5,34 mm, Av 5,42 mm, O 4,53 mm, C 2,00 mm, A2 5,53 mm. (**Tabla I, Fig. 6**)

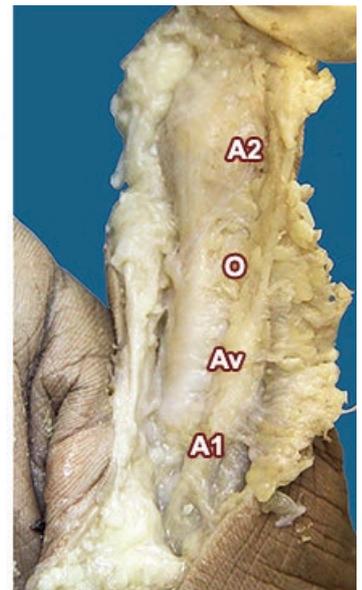
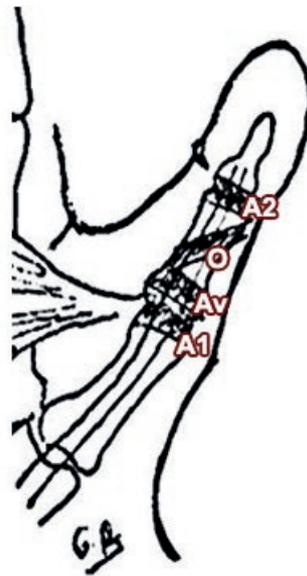


Fig. 4: Sistema de poleas Tipo IV

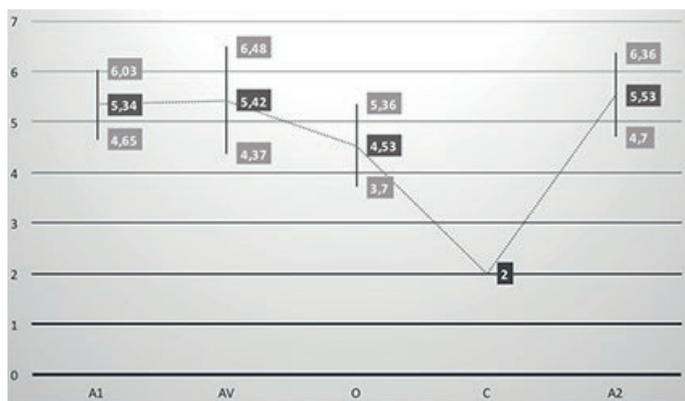


Fig. 6: Dimensiones de las poleas en mm, calculada la media con un IC 95%.

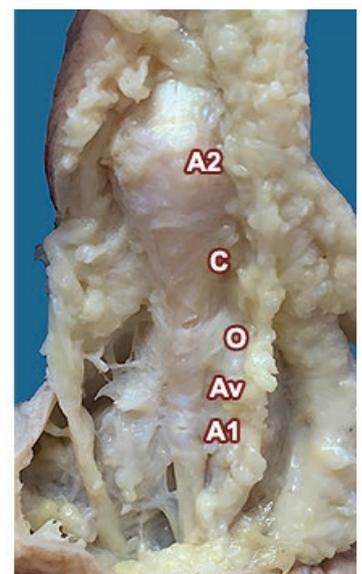
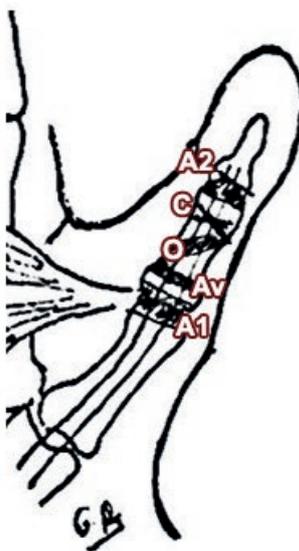


Fig. 5: Sistema de poleas Tipo V

De los 10 cadáveres utilizados, en 7 pudimos investigar ambas manos, constatando que en: 3 cadáveres ambas manos presentaban el mismo tipo de sistema de poleas, y en 4 cadáveres ambas manos presentaban un sistema distinto entre si.

	A1-Av			A1-O			Av-O			O-A2			O-C			C-A2		
	Media (mm)	SD	IC	Media (mm)	SD	IC	Media (mm)	SD	IC	Media (mm)	SD	IC	Media (mm)	SD	IC	Media (mm)	SD	IC
1 (n=2)	n/c	n/c	n/c	6,25	0,35	(0-12,61)	n/c	n/c	n/c	7,13	3,36	(0-67,57)	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
2 (n=4)	3,75	1,34	(0,95-6,54)	n/c	n/c	n/c	4,75	0,96	(2,75-6,75)	4,69	1,80	(0,94-8,44)	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
3 (n=5)	4,80	1,78	(2,02-7,58)	n/c	n/c	n/c	4,25	0,90	(2,84-5,66)	6,15	1,08	(4,45-7,84)	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
4 (n=5)	0,00	0,00	n/c	n/c	n/c	n/c	11,00	2,08	(7,74-14,25)	4,00	1,62	(1,46-6,53)	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c
5 (n=1)	2,00	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	5,00	n/c	n/c	n/c	n/c	n/c	0,50	n/c	n/c	7,50	n/c	n/c
(n=17)	2,73	2,41	(1,17-4,30)	6,25	0,35	(0-12,60)	4,48	1,31	(3,63-5,33)	5,23	1,94	(4,03-6,44)	0,50	n/c	n/c	7,50	n/c	n/c

Tabla II: Distancia entre las poleas expresada en mm, calculada la media con un IC 95. n/c: no corresponde dato

De las 17 manos examinadas, 8 eran derechas y 9 izquierdas. Presentándose en las manos derechas un tipo: I n=2 (25%), II n=1(12,5%), III n=1 (12,5%), IV n=3 (37,5%), V n=1 (12,5%)

Presentándose en las manos izquierdas un tipo: I n=0 (0%), II n=3 (33,3%), III n=4 (44,4%), IV n=2 (22,2%), V n=0 (0%).

En cuanto a distancia entre las poleas, nuestra medida fue tomada desde el borde distal de la polea proximal hasta el borde proximal de la polea distal en su punto medio siguiendo el eje del pulgar. Podemos observar su valor en la **Tabla II**

Discusión

Nuestro estudio ha sido capaz de identificar por primera vez la presencia una polea cruciforme (5,7%) ubicada entre la polea oblicua y la polea A2, como un elemento anatómico independiente.

La única mención en la literatura a la posible existencia de fibras cruciformes en el sistema de poleas del pulgar fue realizada por Shubert y col (2012), en el que relatan en algunos casos la presencia de algunas fibras que cruzan la polea oblicua formando una estructura cruciforme.

En nuestro estudio hemos podido identificar mediante un estudio macroscópico la existencia de esta estructura independiente al resto de las poleas y sin relación con la polea oblicua.

En cuanto a la presencia de la polea anular variable (Av), discutida en distintos estudios, hemos podido identificarla en el 89,2% de los casos.

Cifra semejante a la de estudios previos, Schmidt y Fisher (1999) la describen por primera vez como un complejo de fibras en forma de Y entre la polea A1 y la polea Av, presentándose en el 90% de los casos; Bayat y col (2002), por pri-

mera vez la denominan polea Av, presentándose en el 100% de los casos; y Schubert y col (2012) relatan su presencia en el 93% de los casos.

Ante los resultados analizados, podemos afirmar que la existencia de esta polea es un patrón normal en el sistema de poleas. Siendo la descripción original de Doyle y Blythe (1975), como un sistema compuesto por 3 elementos (polea: A1, O, y A2), un patrón anormal que se da en el menor número de los casos.

En vista a los resultados obtenidos en nuestra investigación, consideramos que la clasificación de Shubert en 4 tipos de poleas es incompleta, debiéndosele agregar a esta un quinto tipo con la presencia de la polea cruciforme. Dado esta polea se identificó en el estudio macroscópico como un elemento independiente al resto de las poleas.

En cuanto a la polea que evita el fenómeno de cuerda de arco en el pulgar es actualmente controvertido, Doyle y Blythe (1977) en su descripción original del sistema de poleas compuesto por 3 elementos, concluyen que la polea oblicua parece ser la polea mas importante, debiendo ser conservada o reconstruida para mantener una función normal del flexor pollicis longus².

Desde entonces este concepto se ha mantenido en el tiempo y repetido en la distinta bibliografía incluido un estudio realizado por Boretto y col (2008).⁴⁻⁵⁻⁶⁻⁷⁻¹¹

Igualmente Zissimos y col (1994), concluyeron en su estudio que para mantener una adecuada función biomecánica del pulgar es necesario la presencia de la polea A1 o O intacta.⁸

En tanto Bayat y col (2002), a partir de un estudio anatómico y biomecánico del pulgar, concluyen que la polea O no es la responsable de evitar la aparición del fenómeno de cuerda de arco, sino que son la polea A1 y Av.¹⁰

Si bien nuestro estudio cuenta con la limitación de haber sido realizado con material cadavérico formolado, por lo que contamos con poca complacencia de los tejidos para realizar un adecuado estudio biomecánico.

Adherimos a la teoría de Bayat de que la polea O no es la responsable de evitar la aparición del fenómeno de cuerda de arco.

Basándonos en 3 puntos, primero la descripción original de un sistema de poleas formado por 3 elementos se da en solo un 11,8%. Segundo las dimensiones en ancho y en grosor de la polea A1 5,34 mm y Av 5,42 mm son mayores que la polea O 4,53 mm.

Esta tendencia no es estadísticamente significativa dado el número de casos con el que contamos, esperando esta tendencia sea confirmada estudiando un mayor número de casos.

Por lo que planteamos estaríamos ante un mayor desarrollo anatómico evolutivo de la polea A1 y Av para cumplir adecuadamente su función.

Por último destacamos que el 89% de las variaciones de este sistema esta compuesto por 4 elementos A1, Av, O, y A2, siendo estas similares al sistema de polea de los dedos largos compuesto hasta la segunda falange por las poleas A1, A2, C1, A3 (sabiendo que la polea A2 y A4 son las responsables de evitar el fenómeno de cuerda de arco). Hecho que deberá ser investigado en futuros estudios biomecánicos.

Finalmente destacamos que nuestro estudio cuenta con algunas limitantes. El total de la muestra de 17 pulgares es pequeño para poder determinar un porcentaje mas certero de la frecuencia de los distintos sistemas de poleas, así como para poder realizar mediciones con mayor significancia estadística.

Nuestra población de estudio corresponde a una sola raza, caucásica, por lo que no podemos identificar si existe una variabilidad entre las distintas razas.

Dadas las características del material estudio, no podemos realizar un adecuado estudio biomecánico del pulgar.

Conclusiones

Del análisis de la literatura y de los hallazgos de nuestra serie, encontramos que la disposición anatómica descrita y aceptada con un sistema de poleas del pulgar compuesto por 3 elementos, no es lo más habitual. De hecho representa

sólo el 11,8%, existiendo en la mayoría de los casos un sistema de poleas compuesto por 4 elementos en el 82,5%, y por 5 elementos en un 5,8%.

Planteamos una modificación a la clasificación de Schubert, incluyendo un quinto tipo que incluye la presencia una polea cruciforme.

La polea Av no es una variable anatómica, sino que creemos es un elemento normal del sistema de poleas, presente en el 89,2%.

No podemos concluir en nuestro estudio a ciencia cierta el principal elemento del pulgar que evita el fenómeno de cuerda de arco, si planteamos la hipótesis que estos elementos corresponden a la polea A1, y la polea Av.

Estos hechos son de gran importancia, y deben ser tenidos en cuenta en la literatura actual de la cirugía de la mano, para evitar errores en la concepción de la anatomía del pulgar.

Creemos que el correcto conocimiento de la anatomía del sistema de poleas del pulgar puede tener impacto en la realización de algunos procedimientos quirúrgicos, como el tratamiento del pulgar en resorte o la elección de la polea a reparar en lesiones traumáticas del aparto flexor del pulgar.

Agradecimientos

Agradecemos a nuestras familias, parejas, y amigos, que siempre nos brindaron el apoyo necesario.

Especialmente queremos agradecer a Ing. Gabriela Ripoll por la ayuda a la hora del análisis estadístico de los datos, y a D.I. Santiago Clement por la ayuda brindada con el material fotográfico.

Referencias

1. Doyle, J.; Blythe, W. *The finger flexor tendon sheath and pulleys: Anatomy and reconstruction. AAOS symposium on tendon surgery in the hand*, St Louis, 1975, The C.V. Mosby Company 434-435
2. Doyle, J.; Blythe W. *Anatomy of the flexor tendon sheath and pulleys of the thumb*. J Hand Surgery 1977; 2:149-151
3. Doyle, J. *Anatomy of the flexor tendon sheath and pulley system: A current review*. J Hand Surg 1989;14A:349-350.
4. Zancolli, E.; Cozzi, E. *Vainas de los tendones flexores de los dedos*, Atlas de anatomía quirúrgica de la mano. 1ª edición español, Ed Panamericana, , Madrid 1993, pp. 370-377
5. Zancolli, E. *Aparato de retención de los tendones flexores de los dedos*, Anatomía quirúrgica de la mano, atlas ilustrado. 1ª edición, Ed Panamericana, Buenos Aires 2015, pp. 79-81
6. Green, D.; Pederson, W.; Hotchkins, R.; Wolfe, S. *Volumen 2: Tenosinovitis, Green's Cirugía de la mano*. 5ª edición español Marban SL, Madrid 2007, pp. 2145
7. Merle, M.; Dautel, G.; Racca, M. *Cirugía de la mano urgencias: Lesiones Flexores*. 4ª edición español Ediciones Journal, Buenos Aires 2016, pp. 309
8. Zissimos, A.G.; Szabo, R.M.; Yinger, K.E.; Sharkey, N.A. *Bio – mechanics of the thumb flexor pulley system*. J Hand Surg 1994;19A:475– 479.
9. Schmidt, H.M.; Fischer, G. *Pulleys of the tendon sheath of the flexor pollicis longus muscle*. Handchir Mikrochir Plast Chir 1999;31:362–366
10. Bayat, A.; Shaaban, H.; Giakas, G.; Lees, V. *The pulley system of the thumb: Anatomic and biomechanical study*. J Hand Surg 2002;27A: 628 – 635.
11. Boretto, J.; Alfie, V.; Donndorff, A.; Gallucci, G.; De Carli, P. *A prospective clinical study of the A1 pulley in trigger thumbs*. J Hand Surg Eur Vol June 2008 vol. 33 no. 3 260-265
12. Schubert, Vandan, Shah, Clifford, Zeller. *Varied anatomy of the thumb pulley system*. J Hand Surgery 2012; 37A:2278-2285