

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
Departamento de Cirugía



**Estudio anatómico y estadístico de la variabilidad de las
poleas del canal de los flexores en los dedos trifalángicos
humanos**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR**

Julio Heras Sánchez-Heredero

Directores

José Ramón Sañudo Tejero

Clara Simón de Blas

Madrid, 2017

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA



**ESTUDIO ANATOMICO Y ESTADISTICO DE LA
VARIABILIDAD DE LAS POLEAS DEL CANAL DE
LOS FLEXORES EN LOS DEDOS TRIFALANGICOS
HUMANOS**

PRESENTADA POR

Julio de las Heras Sánchez-Heredero

Madrid, 2016

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA



**ESTUDIO ANATOMICO Y ESTADISTICO DE LA
VARIABILIDAD DE LAS POLEAS DEL CANAL DE
LOS FLEXORES EN LOS DEDOS TRIFALANGICOS
HUMANOS**

PRESENTADA POR

Julio de las Heras Sánchez-Heredero

Bajo la dirección de los doctores

José Ramón Sañudo Tejero

Clara Simón de Blas

Madrid, 2016



Informe del Director de la Tesis Doctoral

DATOS DE LA TESIS DOCTORAL	
Nombre del Doctorando	JULIO DE LAS HERAS SANCHEZ-HEREDERO
Título de la Tesis	ESTUDIO ANATOMICO Y ESTADISTICO DE LA VARIABILIDAD DE LAS POLEAS DEL CANAL DE LOS FLEXORES EN LOS DEDOS TRIFALANGICOS HUMANOS
Facultad o Centro	FACULTAD DE MEDICINA UCM

DATOS DEL DIRECTOR DE LA TESIS DOCTORAL	
Nombre Completo	JOSE RAMÓN SAÑUDO TEJERO
Centro al que pertenece y dirección	DEPARTAMENTO DE ANATOMÍA Y EMBRIOLOGÍA HUMANA I FACULTAD DE MEDICINA UCM PLAZA RAMÓN Y CAJAL, 28040 MADRID
D.N.I./Pasaporte	14554083M
e-mail	jrsanudo@ucm.es

	VALORACIÓN DE LA TESIS			
	Muy Buena	Buena	Suficiente	Deficiente
Originalidad	XXXXXXXX			
Definición Objetivos	XXXXXXXX			
Metodología	XXXXXXXX			
Relevancia Resultados	XXXXXXXX			
Discusión / Conclusiones	XXXXXXXX			

INFORME (en caso necesario se podrán añadir más hojas): *Quisiera hacer constar que nunca como en esta Tesis Doctoral tiene sentido aquella frase de D. Santiago Ramón y Cajal, "no hay temas agotados, sino hombres agotados en sus temas"*

Hasta la fecha la mayor muestra estudiada en relación con el tema de las poleas de los dedos trifalángicos es el clásico trabajo publicado por Doyle en el año 1989 que constaba de 81 dedos. Sin embargo, en la presente Tesis Doctoral se han diseccionado 48 manos de cadáveres humanos, lo que representa un total de 192 dedos trifalángicos. Una muestra fiable en términos estadísticos dada la variabilidad de las poleas. Y todo ello gracias a la voluntad del autor que durante seis largos años ha tenido la tenacidad de realizar tan amplio número de meticulosas disecciones.

A lo dicho se suma una rigurosa revisión bibliográfica y un meticuloso análisis estadístico. Este análisis da relevancia a los resultados obtenidos en contraste con los previamente publicados, incorporando aspectos y parámetros no evaluados hasta la fecha. Por tanto las conclusiones son abundantes y originales.

En fin, una Tesis de la que me siento muy orgulloso de haber sido su Director.

Madrid, a 6 de octubre de 2015

Fdo.:



Informe del Director de la Tesis Doctoral

DATOS DE LA TESIS DOCTORAL	
Nombre del Doctorando	JULIO DE LAS HERAS SANCHEZ-HEREDERO
Título de la Tesis	ESTUDIO ANATOMICO Y ESTADISTICO DE LA VARIABILIDAD DE LAS POLEAS DEL CANAL DE LOS FLEXORES EN LOS DEDOS TRIFALANGICOS HUMANOS
Facultad o Centro	Facultad de Medicina, UCM

DATOS DEL DIRECTOR DE LA TESIS DOCTORAL	
Nombre Completo	Clara Simón de Blas
Centro al que pertenece y dirección	Universidad Rey Juan Carlos Departamento de Ciencias de la Computación, Arquitectura de Computadores, Lenguajes y Sistemas Informáticos y Estadística e Investigación Operativa Escuela Técnica y Superior de Informática Av. Tulipan s/n; Madrid 28933
D.N.I./Pasaporte	50850911G
e-mail	clara.simon@urjc.es

	VALORACIÓN DE LA TESIS			
	Muy Buena	Buena	Suficiente	Deficiente
Originalidad	✓			
Definición Objetivos	✓			
Metodología	✓			
Relevancia Resultados	✓			
Discusión / Conclusiones	✓			

INFORME:

El presente manuscrito presenta una detallada descripción del sistema de poleas de las manos que permiten la flexión completa del dedo sin limitar la extensión, manteniendo a los tendones flexores próximos al eje articular y evitando el efecto cuerda de arco. Presenta el estudio estadístico más completo hasta la fecha con una muestra de 48 manos de cadáveres humanos (192 dedos), donde destaca su precisión y rigor tanto en la técnica de disección como en el análisis de los datos extraídos de la muestra. Los resultados y conclusiones de la tesis son de gran relevancia en el progreso de la anatomía y la clínica. Cabe destacar la detallada descripción de las lesiones de las poleas de la mano y su relación con la anatomía de las mismas para su aplicación en futuras cirugías clínicas.

Madrid, a 5 de Octubre 2015



Fdo.: Clara Simón de Blas

Este impreso deberá entregarse al Departamento/Órgano responsable del Posgrado/ Comisión responsable del Programa de Doctorado, para su estudio y aprobación en la admisión a trámite de la tesis doctoral. Asimismo, deberá incluirse entre la documentación enviada a la Comisión de Doctorado para la designación del Tribunal y aprobación de la defensa de la Tesis Doctoral.

A mi familia y amigos

AGRADECIMIENTOS

A mis directores, Dr. José Ramón Sañudo Tejero y Dra. Clara Simón de Blas, cuyo asesoramiento y sabios consejos han permitido la realización de esta Tesis.

A Guillermo Salaberri y Yannis Krompas, por su ayuda desinteresada y hacer amenos los madrugones en la sala de disección.

A Miguel del Cerro Gutiérrez, porque el día que me destinaron con él mi vida profesional cambió.

A mi familia, por su apoyo constante y profundo cariño.

*Ciencia es todo aquello sobre lo cual siempre
cabe discusión.*

José Ortega y Gasset (1883-1955)

ABREVIATURAS

MTC: metacarpiano

F1: falange proximal

F2: falange media

mm: milímetros

MF: metacarpofalángica

IFP: interfalángica proximal

IFD: interfalángica distal

P: pulpejo

r: radial

u: ulnar

p: proximal

d: distal

X: cruciforme

S: simple oblicua

SU: oblicua simple ulnar

SR: oblicua simple radial

Y: ipsiliforme

V: ipsiliforme con ausencia de los dos cuadrantes proximales

INDICE

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCION.....	14
2.1 ANATOMIA DEL SISTEMA DE POLEAS.....	18
2.1.1 Ligamento transverso del carpo.....	18
2.1.2 Polea de aponeurosis palmar.....	18
2.1.3 Vaina digital flexora.....	22
2.1.4 Porción membranosa.....	22
2.1.5 Porción retinacular.....	25
2.1.6 Polea A1.....	26
2.1.7 Separación entre las poleas A1-A2.....	27
2.1.8 Polea A2.....	28
2.1.9 Polea C1.....	29
2.1.10 Polea A3.....	30
2.1.11 Polea C2.....	31
2.1.12 Polea A4.....	31
2.1.13 Polea C3.....	32
2.1.14 Polea A5.....	32
2.1.15 Variaciones individuales.....	33
2.2 RELEVANCIA E INTERES CLINICO.....	35
2.3 RESISTENCIA A LA RUPTURA E INTEGRIDAD DEL CANAL DIGITAL.....	38
2.4 ANATOMIA ULTRAESTRUCTURAL DE LA VAINA FLEXORA DE LOS DEDOS.....	39

2.5 JUSTIFICACION Y OBJETIVOS.....	43
3. MATERIAL Y METODOS.....	46
3.1. SISTEMA DE MEDIDA.....	47
3.2 PARÁMETROS ANALIZADOS.....	52
3.3. ESTUDIO ESTADÍSTICO.....	56
4. RESULTADOS.....	61
4.1 DISTANCIA DESDE EL INICIO DE A1 HASTA EL FINAL DEL PULPEJO.....	62
4.2 POLEA A1.....	62
4.3 ESPACIO ENTRE POLEA A1 Y A2.....	68
4.4 POLEA A2.....	69
4.5 ESPACIO ENTRE POLEA A2 Y C1.....	71
4.6 POLEA C1.....	73
4.7 ESPACIO ENTRE POLEA C1 Y A3.....	76
4.8 POLEA A3.....	77
4.9 ESPACIO ENTRE POLEA A3 Y C2.....	79
4.10 POLEA C2.....	81
4.11 ESPACIO ENTRE POLEA C2 Y A4.....	83
4.12 POLEA A4.....	85

4.13 ESPACIO ENTRE POLEA A4 Y C3.....	86
4.14 POLEA C3.....	88
4.15 ESPACIO ENTRE POLEA C3 Y A5.....	90
4.16 POLEA A5.....	91
4.17 ESPACIO ENTRE POLEA A5 Y PUNTA DEL PULPEJO.....	93
4.18 PATRÓN DE POLEAS.....	93
4.19 HIPÓTESIS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....	96
5. DISCUSION.....	140
5.1 INCIDENCIA DE LAS POLEAS.....	142
5.2 FORMA DE LAS POLEAS.....	147
5.3 TAMAÑO DE LAS POLEAS.....	156
5.4 ESPACIO ENTRE LAS POLEAS.....	158
5.5 PATRON DE POLEAS.....	162
6. CONCLUSIONES.....	164
7. BIBLIOGRAFIA.....	168
8. ANEXO.....	181

INDICE DE FIGURAS

Fig 1: las poleas según los antiguos: 1a: según Leonardo da Vinci (1500); 1b: según Vesalio (1543); 1c: según Bourgeroy (1852).....	16
Fig 2: polea de aponeurosis palmar, componentes y su relación con otras poleas.....	19
Fig 3: sección sagital del 3er dedo proximal a la MF.....	23
Fig 4: porción membranosa de la vaina.....	24
Fig 5: descripción del sistema de poleas por Doyle en 1975: 4 poleas anulares y 3 cruciformes.....	25
Fig 6: el sistema de poleas como se conoce hoy en día tras la descripción de A5 por Hunter en 1980.....	25
Fig 7: la placa volar de MF y la inserción de A1.....	26
Fig 8: polea A1 con tres anillos.....	27
Fig 9: aperturas laterales en la parte proximal de A2.....	28
Fig 10: polea A2 con su característica zona distal engrosada y polea C1 cruciforme.....	30
Fig 11: poleas A2, C1, A3 y C2.....	30
Fig 12: poleas C2, A4 y C3.....	31
Fig 13: sección longitudinal mostrando la polea A4 en la porción central de la falange media.....	32
Fig 14: polea C3 cruciforme y polea A5.....	33

Fig 15: el efecto cuerda de arco.....	36
Fig 16: línea longitudinal media (sistema de medición).....	49
Fig 17: medición de polea A2.....	49
Fig 18: medición de polea A1 con 2 anillos.....	50
Fig 19: medición del primer anillo de A1.....	50
Fig 20: medición del espacio entre el primer y el segundo espacio de A1....	50
Fig 21: medición del segundo anillo de A1.....	50
Fig 22: medición de polea cruciforme.....	51
Fig 23: medición de polea cruciforme oblicua simple.....	51
Fig 24: medición de polea cruciforme ipsiliforme.....	51
Fig 25: medición del espacio entre una polea cruciforme y la siguiente polea.....	51
Fig 26: dibujo del esquema con la forma y disposición de las poleas de los dedos trifalángicos realizado para cada uno de los casos.....	55
Fig 27: 27a: polea A1 con un anillo. 27b: polea A1 con dos anillos. 28c: polea A1 con tres anillos.....	63
Fig 28: polea A1 con 4 anillos.....	64
Fig 29: Histograma de frecuencias para la longitud de A1 en global.....	65
Fig 30: mano con poleas A1 con más de un anillo.....	67

Fig 31: inicio arqueado característico de la polea A2.....	68
Fig 32: poleas A1, A2 y C1 sin espacio entre ellas.....	69
Fig 33: aperturas laterales (flechas negras) en la parte proximal de A2.....	70
Fig 34: configuración anatómica de la polea A2 con el engrosamiento en la parte final característico.....	71
Fig 35: gran espacio (izquierda) y pequeño espacio (derecha) entre poleas A2 y C1.....	72
Fig 36: espacio entre A2 y A3 (ausencia de poleas C1, C2 y A5).....	72
Fig 37: espacio entre A2 y A4 (ausencia de poleas C1, A3, C2 y C3).....	73
Fig 38: polea C1 con configuración cruciforme. Además se visualiza el final de la polea A2 y la polea A3.....	74
Fig 39: polea C1 con configuración ipsiliforme.....	75
Fig 40: polea C1 formada por una cruciforme seguida de una oblicua simple.....	75
Fig 41: polea C1 con configuración anular.....	75
Fig 42: polea A3 formada por dos anillos.....	77
Fig 43: ausencia de polea A3 con presencia de C1 y C2.....	79
Fig 44: espacio entre polea A3 y C2 oblicua radial.....	80
Fig 45: ausencia de C2 con espacio entre A3 y A4.....	80

Fig 46: espacio C1-A4 por ausencia de las poleas A3 y C2.....	81
Fig 47: polea C2 formada por dos bandas anulares.....	82
Fig 48: ausencia de polea C2 en los cuatro dedos de la mano.....	83
Fig 49: poleas C2 y A4 contiguas.....	84
Fig 50: polea A4, C3 y A5.....	86
Fig 51: polea A4 con la impresión de tener solapada la polea C3 en la mitad distal.....	86
Fig 52: ausencia global en toda la mano de las poleas C2, C3 y A5.....	88
Fig 53: polea C3 con configuración ipsiliforme.....	90
Fig 54: patrón de poleas más frecuente en el 2º y 5º dedos (izquierda), en el 3er dedo (centro) y en el 4º dedo y global (derecha).....	95
Fig 55: tercer dedo con el máximo de poleas.....	95
Fig 56: dedo con el canal digital configurado solo por las poleas anulares: A1, A2, A3 y A4.....	96
Fig 57: histograma de frecuencias de la polea A1.....	112
Fig 58: histograma de frecuencias de la polea A2.....	112
Fig 59: histograma de frecuencias de la polea A3.....	113
Fig 60: histograma de frecuencias de la polea A4.....	113
Fig 61: histograma de frecuencias de la polea A5.....	114

Fig 62: histograma de frecuencias de la polea C1.....	115
Fig 63: histograma de frecuencias de la polea C2.....	115
Fig 64: histograma de frecuencias de la polea C3.....	116
Fig 65: histograma de frecuencias de la distancia entre A1 y P.....	117

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: porcentaje de pérdida del rango total de movilidad según sección secuencial de las poleas A1, A2 y polea de aponeurosis palmar.....	21
Tabla 2: Fuerza máxima de ruptura de las poleas según Lin.....	38
Tabla 3: distancia A1-pulpejo por dedo.....	182
Tabla 4: estadísticos más relevantes del número de anillos de cada una de las poleas anulares.....	182
Tabla 5: longitud de la polea A1 en general.....	183
Tabla 6: longitud de la polea A1 por dedo.....	183
Tabla 7: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la longitud de A1.....	183
Tabla 8: longitud en global cuando la polea A1 está formada por un anillo.....	183
Tabla 9: longitud por dedo cuando la polea A1 está formada por un anillo.....	184
Tabla 10: longitud en global del primer anillo de A1 en los casos que está formada por dos anillos.....	184
Tabla 11: longitud en global del segundo anillo de A1 en los casos que está formada por dos anillos.....	184
Tabla 12: longitud por dedo del primer anillo de A1 en los casos que está formada por dos anillos.....	184
Tabla 13: longitud por dedo del segundo anillo de A1 en los casos que está formada por dos anillos.....	185
Tabla 14: distancia en global entre el primer (A11) y segundo anillo (A12) de la polea A1 cuando está formada por dos anillos.....	185

Tabla 15: distancia por dedo entre el primer y segundo anillo de la polea A1 cuando está formada por dos anillos.....	185
Tabla 16: longitud (LON) en global del primer anillo (A11), segundo anillo (A12) y tercer anillo (A13) de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos.....	185
Tabla 17: longitud por dedo del primer anillo de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos.....	186
Tabla 18: longitud por dedo del segundo anillo de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos.....	186
Tabla 19: longitud por dedo del tercer anillo de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos.....	186
Tabla 20: longitud del espacio en global entre el primer y segundo anillo (DA11_A12) de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos....	187
Tabla 21: longitud del espacio en global entre el segundo y tercer anillo (DA12_A13) de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos....	187
Tabla 22: longitud del espacio por dedo entre el primer y segundo anillo (DA11_A12) de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos....	187
Tabla 23: longitud del espacio por dedo entre el segundo anillo y tercer anillo (DA12_A13) de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos.....	188
Tabla 24: longitud en global de cada uno de los anillos en los casos que la polea A1 está formada por 4 anillos.....	188
Tabla 25: longitud en global de la distancia entre el primer y segundo anillo en los casos que la polea A1 está formada por 4 anillos.....	188

Tabla 26: longitud en global de la distancia entre el segundo y tercer anillo en los casos que la polea A1 está formada por 4 anillos.....	188
Tabla 27: longitud en global de la distancia entre el tercer anillo y cuarto anillo en los casos que la polea A1 está formada por 4 anillos.....	189
Tabla 28: Distancia en global entre el final de la polea A1 y el inicio de A2.....	189
Tabla 29: distancia por dedo entre el final de la polea A1 y el inicio de A2.....	189
Tabla 30: distribución por dedo de los casos que la polea A1 y A2 estaban contiguas.....	190
Tabla 31: longitud en global de la polea A2.....	190
Tabla 32: longitud por dedo de la polea A2.....	190
Tabla 33: longitud en global entre poleas A2 y C1.....	190
Tabla 34: longitud por dedo entre las poleas A2 y C1.....	191
Tabla 35: distribución por dedo de los casos que presentaban continuidad entre las poleas A2 y C1.....	191
Tabla 36: distancia global entre poleas A2 y A3 en los casos que no existió polea C1.....	191
Tabla 37: distancia global entre polea A2 y A4 en los casos de ausencia de C1, A3 y C2.....	191
Tabla 38: longitud global de la polea C1.....	192
Tabla 39: longitud por dedo de la polea C1.....	192
Tabla 40: tipos de polea C1 en general.....	74
Tabla 41: frecuencia y porcentaje por dedo de la ausencia de la polea C1..	192

Tabla 42: distancia global del espacio entre las poleas C1 y A3.....	192
Tabla 43: distancia y frecuencia por dedo entre las poleas C1 y A3.....	193
Tabla 44: frecuencia por dedo de continuidad entre las poleas C1 y A3....	193
Tabla 45: distancia global del espacio entre C1 y C2 en los casos de ausencia de la polea C3.....	193
Tabla 46: distancia global del espacio entre C1 y A4 en los casos de ausencia de la polea C3.....	193
Tabla 47: longitud en global de la polea C3.....	194
Tabla 48: longitud por dedo de la polea C3.....	194
Tabla 49: longitud global de la polea A3 en los casos que está formada por un solo anillo.....	194
Tabla 50: longitud y aparición por dedo de la polea A3 en los casos que está formada por un solo anillo.....	194
Tabla 51: longitud en global del espacio entre las poleas A3 y C2.....	195
Tabla 52: distancia por dedo del espacio entre las poleas A3 y C2.....	195
Tabla 53: distancia en global del espacio entre las poleas A3 y A4 en aquellos casos en los que no existe la polea C2.....	195
Tabla 54: longitud en global del espacio entre las poleas C1 y A4 en aquellos casos que no existen las poleas A3 y C2.....	195
Tabla 55: longitud en global del espacio entre las poleas A2 y A4 en aquellos casos que no existen las poleas C1, A3 y C2.....	196
Tabla 56: longitud en global del espacio entre las poleas C1 y C2 en aquellos casos que no existe la polea A3.....	196
Tabla 57: longitud en global de la polea C2.....	196

Tabla 58: longitud por dedo de la polea C2.....	196
Tabla 59: frecuencia y porcentaje de aparición de la polea C2 en global.....	82
Tabla 60: frecuencia de aparición por dedo de la polea C2.....	197
Tabla 61: longitud en global del espacio entre las poleas A3 y A4 en los casos de ausencia de C2.....	197
Tabla 62: longitud en global del espacio entre las poleas C1 y A4 en los casos de ausencia de C2.....	197
Tabla 63: longitud en global del espacio entre las poleas A2 y A4 en los casos de ausencia de C2.....	197
Tabla 64: longitud en global de la polea A4.....	198
Tabla 65: longitud por dedo de la polea A4.....	198
Tabla 66: distancia global desde A4 hasta A5 en los casos de ausencia de C3.....	198
Tabla 67(a): longitud en global de la distancia del final de la polea A4 hasta la punta del pulpejo en los casos en que esta polea es la última del canal retinacular (por ausencia de la C3 y A5).....	198
Tabla 67(b): longitud por dedo de la distancia del final de la polea A4 hasta la punta del pulpejo en los casos en que esta polea es la última del canal retinacular.....	199
Tabla 68: longitud en global de la polea C3.....	199
Tabla 69: longitud por dedo de la polea C3.....	199
Tabla 70: distribución en global de las diferentes formas anatómicas de la polea C3.....	89

Tabla 71: distribución por dedo de las diferentes formas anatómicas de la polea C3.....	199
Tabla 72: longitud en global del espacio entre las poleas C3 y A5.....	200
Tabla 73: longitud en global del espacio entre el final de la polea C3 y la punta del pulpejo en los casos que la polea C3 es la última polea del canal retinacular.....	200
Tabla 74: longitud en global de la polea A5.....	200
Tabla 75: longitud por dedo de la polea A5.....	200
Tabla 76: distancia en global desde el final de la polea A5 hasta la punta del pulpejo.....	201
Tabla 77: distancia por dedo desde el final de la polea A5 hasta la punta del pulpejo.....	201
Tabla 78: patrones de poleas posibles y su recuento.....	94
Tabla 79: estadísticos más relevantes del número de anillos de poleas cruciformes.....	201
Tabla 80: Distribución de las frecuencias del número de anillos de las poleas anulares en general.....	202
Tabla 81: distribución de frecuencias del número de anillos de cada una de las poleas cruciformes, en general.....	202
Tabla 82: distribución de frecuencias del número de anillos de cada una de las poleas anulares segmentado por la lateralidad de la mano.....	203
Tabla 83: Distribución de las frecuencias del número de anillos de las poleas cruciformes segmentado por mano.....	203

Tabla 84: Distribución de las frecuencias del número de anillos de las poleas anulares segmentado por dedo.....	204
Tabla 85: Distribución de las frecuencias del número de anillos de las poleas cruciformes segmentado por dedo.....	204
Tabla 86: comparativa de los porcentajes de incidencia de la polea A3 según dedo entre nuestro estudio y el de Doyle en 1988.....	143
Tabla 87: comparación del nº de anillos en global entre nuestro estudio y el de Doyle en 1988.	148
Tabla 88: comparación del nº de anillos por dedo entre nuestro estudio y el de Doyle en 1988.....	149
Tabla 89: comparación de las formas de la polea C1 entre nuestro estudio y el de Doyle 1988.....	151
Tabla 90: comparación entre el estudio de Doyle 1988 y el nuestro del número de casos de las distintas formas de la polea C1 según el dedo.....	152
Tabla 91: número de casos por dedo y en total de las posibles formas de C2 en el estudio de Doyle 1988.....	154
Tabla 92: comparativa de las distintas formas de la polea C3 entre Doyle 1998 y nuestro estudio.....	155

1. RESUMEN

Las poleas de los dedos forman un sistema biomecánico único y complejo que permite la flexión completa del dedo sin limitar la extensión, manteniendo a los tendones flexores próximos al eje articular y evitando el efecto cuerda de arco. El sistema de poleas está formado por una serie de condensaciones de tejido fibroso con configuración anular y cruciforme variables, interpuestas a lo largo de la superficie de la vaina sinovial de manera segmentaria, en localizaciones estratégicas. La nomenclatura actual está basada en las descripciones hechas por Doyle y Blythe en 1975, que de forma arbitraria denominaron A, las bandas anulares, y C, las bandas cruciformes. Identificaron 4 poleas anulares y 3 cruciformes y las numeraron de proximal a distal: desde la A1 hasta la A4 a las anulares y desde la C1 hasta la C3 a las cruciformes. Posteriormente Hunter et al en 1980 describió la quinta polea anular (A5).

La polea A1 se inicia proximal a la línea articular metacarpofalángica, toma su origen de la placa volar subyacente y se inserta en la base de la primera falange. Su configuración más usual es de un solo anillo pero puede estar representada por dos o tres bandas anulares. El espacio entre las poleas A1 y A2 es variable. La polea A2 es constante en forma con un origen semilunar característico en la base de la primera falange que se continúa por fibras anulares terminando en un borde grueso y prominente. Al final de la polea A2, un arco de fibras oblicuas se interdigita con fibras del lado opuesto y forman la primera polea cruciforme (C1). Se trata de una polea delgada con configuración variable, siendo la forma cruciforme la más frecuente. La polea A3 está localizada a nivel de la

articulación interfalángica proximal originándose de su placa volar. La polea C2 se encuentra en la base proximal de la falange media, similar a la anterior cruciforme pero con configuración más variable. La polea A4 es una estructura gruesa que ocupa el tercio medio de la falange media y está recubierta por fibras oblicuas en su parte distal que forman la tercera polea cruciforme. Esta polea C3 también es variable en su forma. La polea A5 es bastante fina y se origina de la placa palmar de la articulación interfalángica distal. La incidencia de algunas poleas es variable y se han descrito variaciones individuales. La segunda y cuarta polea anular son las más constantes en forma e incidencia. La primera, tercera y quinta poleas anulares son las menos constantes en forma e incidencia al igual que las poleas cruciformes.

Los trabajos existentes hasta la actualidad están basados en muestras pequeñas y aportan diferentes resultados sobre distintas características de las poleas y sus espacios en los dedos trifalángicos humanos, principalmente en la incidencia, forma y longitud. No existe un estudio en el que se especifique el método de medición utilizado. En la presente Tesis doctoral nos proponemos los siguientes objetivos: realizar una profunda revisión bibliográfica del tema, realizar un estudio en una muestra con un tamaño que proporcione estadísticos representativos de las principales características de las poleas, un análisis anatómico y estadístico de las poleas del estudio y contrastar la hipótesis de homogeneidad del número de poleas según el lado de la mano, del número de poleas en cada dedo y del número de poleas según la longitud de la mano.

Se han disecado 48 manos de cadáveres humanos (192 dedos trifalángicos), 23 derechas y 25 izquierdas, realizándose disección microquirúrgica del canal de las poleas de los flexores. Se han medido las poleas y los espacios entre ellas con un sistema de medida que referencia el inicio y el final de cada estructura anatómica a la línea longitudinal media. Los 17 parámetros evaluados se han introducido en una tabla Excel y se ha dibujado un esquema de cada dedo con la disposición y forma de las poleas y sus espacios. De estos parámetros se ha analizado incidencia, forma y longitud, en general y por dedo. El análisis de variabilidad del número de poleas se ha realizado mediante un diseño de experimentos de dos factores (mano y dedo) mientras que el del tamaño de cada polea mediante un diseño de experimentos de tres factores (mano, dedo y número de anillos).

En la exposición de los resultados primero se hace referencia a la incidencia de la polea o del espacio, a continuación se describe y analiza la forma del elemento anatómico en cuestión y por último se trata su longitud. Los datos se aportan con referencia al dedo y a la mano en que se localizan. Posteriormente se presenta el estudio estadístico realizado con las hipótesis planteadas y los diseños de experimentos construidos.

La variabilidad del sistema de poleas del canal digital de los dedos trifalángicos en los humanos es elevada. Existen diferencias considerables tanto en la incidencia, forma y tamaño dependiendo del tipo de polea, dedo y mano.

Respecto a la incidencia, las poleas A1, A2 y A4 se han encontrado presentes en todos los casos analizados, corroborando que son las más

importantes para la biomecánica. La polea C1 ha estado presente en el 75% de los casos analizados, siendo significativamente más frecuente en el lado izquierdo. La polea A3 se ha encontrado presente en el 90%. Su ausencia ha sido significativamente mayor en el 5º dedo y en la mano derecha. La polea C2 se ha encontrado presente solamente en el 13.5% de los casos analizados, siendo la de mayor porcentaje de ausencia. Esta polea ha tenido la incidencia más discrepante respecto a lo publicado hasta la actualidad. La polea C3 se ha encontrado presente en el 40% de los casos analizados. Ha sido menos frecuente en el 5º dedo, existiendo diferencias significativas que se deben tomar con cautela. Se encuentra en una zona en la que puede haber grandes diferencias subjetivas en la disección. Se ha detectado la presencia de la polea A5 en un 51.5% de los casos analizados y significativamente más frecuente en el lado derecho. Existen ciertos individuos con mayor tendencia a la ausencia de una o varias poleas en los cuatro dedos trifalángicos. Este hallazgo se ha repetido en las poleas cruciformes y la polea A5.

La variabilidad de la forma de la polea A1 ha sido elevada. Hemos encontrado como novedad no descrita previamente la posibilidad de estar conformada por cuatro anillos en 3 casos. La configuración más frecuente es la de un solo anillo. A medida que aumenta el número de anillos disminuye la probabilidad de su presencia. El número de anillos de la polea A1 en el 2º y 5º dedos ha sido significativamente mayor respecto a los otros dedos. La configuración de la polea A2 ha sido constante. Su grueso final a nuestro juicio es la referencia anatómica más sencilla de identificar de todo el canal

retinacular. La polea C1 presenta una configuración variable: dos bandas cruciformes, una sola banda oblicua, forma ipsiliforme y 2 anillos. Las dos primeras han sido las más frecuentes. La polea A3 ha estado conformada siempre por un anillo corto excepto en 3 casos por dos bandas anulares, que se han localizado en el segundo dedo de la mano izquierda. La configuración de la polea C2 más frecuente ha sido una sola banda oblicua. En esta polea no se ha encontrado ningún caso con forma cruciforme ni ipsiliforme. La polea A4 ha estado formada por un único anillo grueso con final variable: recto, oblicuo o solapado con la polea C3. Ha sido la zona del canal retinacular digital en cuya disección puede influir más la subjetividad. La polea C3 ha estado formada por fibras cruciformes o por oblicuas simples. A menudo se tratan de fibras oblicuas que sobrepasan la A4 y no es siempre una estructura separada. La polea A5 ha estado configurada siempre por un anillo fino y corto excepto en 2 casos, en el cuarto dedo, formada por dos bandas anulares.

Respecto a la longitud, la polea A2 ha sido la más larga y la siguieron en orden decreciente de longitud media A1, A4 y C1 con la misma longitud media, C3, C2 y como más corta A5. La polea A1 ha sido más larga de forma significativa en los dedos segundo y tercero y en el grupo formado por tres o más anillos. La polea A2 ha sido significativamente más corta en el quinto dedo. La polea C3 ha sido más larga en el tercer dedo de manera significativa.

Ha existido espacio entre A1 y A2 en algo más del 80% de los casos. La contigüidad de estas poleas ha sido más frecuente en el 2º y 3º dedos

(25% y 23% respectivamente), detalle anatómico importante para la Clínica y la Cirugía por la frecuente patología en esta zona. El final del canal retinacular lo ha marcado la polea A5 en el 51.5%, la polea A4 en un 31.25% y la polea C3 en un 16%.

La variabilidad de los patrones encontrados ha sido elevada, habiendo encontrado 24 patrones distintos. El patrón global más frecuente ha sido el formado por A1-A2-C1-A3-A4 con un 18.22%. El patrón más frecuente según el dedo ha sido en el segundo y quinto dedos A1-A2-C1-A3-A4, en el tercer dedo A1-A2-C1-A3-A4-C3-A5 y en el cuarto dedo el patrón global. Solamente se han encontrado 3 dedos con todas las poleas posibles presentes y han sido en el tercer dedo. El patrón mínimo de poleas posible ha sido de tres poleas (A1-A2-A4), que se ha encontrado en 2 quintos dedos. La variabilidad del patrón dentro de la misma mano ha sido muy alta. Solo ha habido 3 manos (6.25%) en las que el patrón de poleas en los cuatro dedos trifalángicos haya sido el mismo.

The finger pulleys form a unique and complex biomechanical system that enables the full flexion of the fingers without limiting the extension, keeping the flexor tendons close to the joint axis and preventing a bowstring effect. The pulley system is formed by a series of fibrous tissue condensations, with varying annular and cruciform configuration, spread over the surface of the synovial sheath in a segmental fashion, in strategic locations. The current nomenclature is based on the descriptions made by Doyle and Blythe in 1975, which arbitrarily call the annular bands “A” and the cruciform bands “C”. The authors identified 4 annular and 3 cruciform pulleys and numbered them from proximal to distal: from A1 to A4 for the annular bands and from C1 to C3 for the cruciform bands. In 1980, Hunter et al. described the fifth annular pulley (A5).

Pulley A1 starts proximal to the metacarpophalangeal joint line, originates in the underlying volar plate and enters the base of the first phalanx. Its most common configuration is a single ring, but it can be represented by 2 or 3 annular bands. The space between the A1 and A2 pulleys varies. The A2 pulley has a consistent shape, with a characteristic semilunar origin on the base of the first phalanx, which continues with annular fibers that end at a thick and prominent edge. At the end of the A2 pulley, an arc of oblique fibers interdigitates with fibers on the other side and forms the first cruciform pulley (C1). This is a thin pulley with varying configuration, with cruciform the most common configuration. The A3 pulley is located at the proximal interphalangeal joint originating from its volar plate. The C2 pulley is found at the proximal base of the middle phalanx,

similar to the previous cruciform but with a more variable configuration. The A4 pulley is a thick structure that occupies the middle third of the middle phalanx and is coated by oblique fibers at its distal part, which form the third cruciform pulley. This C3 pulley also varies in shape. The A5 pulley is fairly thin and originates at the palmar plate of the distal interphalangeal joint. The incidence of some pulleys varies, and individual variations have been described. The second and fourth annular pulleys are the most consistent in shape and incidence. The first, third and fifth annular pulleys are the least constant in shape and incidence, as are the cruciform pulleys.

Studies performed to date have been based on small samples and provide differing results on the various characteristics of the pulleys and their spaces in human triphalangeal fingers, mainly in incidence, shape and length. None of the studies have specified the measurement method employed. This doctoral thesis proposes the following objectives: conduct an in-depth literature review on the topic, perform a study on a sample whose size provides representative statistics on the main characteristics of pulleys, conduct an anatomical and statistical analysis on the studied pulleys and compare the homogeneity hypothesis of the number of pulleys for each side of the hand, of the number of pulleys in each finger and of the number of pulleys for the length of the hand.

We dissected 48 cadaveric human hands (192 triphalangeal fingers), 23 right and 25 left, by performing microsurgical dissection of the flexor pulley channel. The pulleys and spaces between them were measured with a

measuring system that references the start and end of each anatomical structure along the middle longitudinal line. The 17 assessed parameters were entered into an Excel table, and a diagram of each finger was drawn, with the layout and shape of the pulleys and their spaces. From these parameters, we analyzed the incidence, shape and length, overall and for each finger. The analysis of the variability in the number of pulleys was performed with a 2-factor (hand and finger) experimental design, while the size of each pulley was analyzed with a 3-factor experimental design (hand, finger and number of rings).

In the presentation of the results, we first refer to the incidence of the pulley or space and then describe and analyze the shape of the anatomical element in question. Lastly, we present its length. The data are provided with a reference to the finger and hand in question. The statistical study is then presented, which was performed with the proposed hypothesis and the constructed experimental designs.

There is high variability in the pulley system of the digit channel of the human triphalangeal fingers. There are considerable differences in the incidence, shape and size, depending on the type of pulley, finger and hand.

In terms of incidence, the A1, A2 and A4 pulleys were present in all the analyzed cases, confirming that they are the most important for biomechanics. The C1 pulley was present in 75% of the analyzed cases and was significantly more common on the left side. The A3 pulley was found in 90% of the cases. Its absence was significantly greater in the fifth finger and right hand. The C2 pulley was present in only 13.5% of the analyzed

cases, and had the highest rate of absence. This pulley had the greatest discrepancy in incidence when compared with the incidence in the literature. The C3 pulley was present in 40% of the analyzed cases. The pulley was less frequent in the fifth finger, with significant differences that should be considered with caution. The pulley is in an area in which there can be major subjective differences during dissection. We detected the presence of the A5 pulley in 51.5% of the analyzed cases. The pulley was significantly more common on the right side. There are certain individuals with a greater tendency toward an absence of one or several pulleys in the 4 triphalangeal fingers. This finding was repeated in the cruciform pulleys and the A5 pulley.

There was significant variability in the shape of the A1 pulley. One of our findings, which has not been previously reported, was the fact that the pulley was composed of 4 rings in 3 cases. The most common configuration is the single ring. As the number of rings increases, the probability of the pulley's presence decreases. The number of rings in the A1 pulley in the second and fifth fingers was significantly greater than that of the other fingers. The configuration of the A2 pulley was consistent. In our opinion, the pulley's final thickness is the easiest anatomical reference to identify in the entire retinacular channel. The C1 pulley has a variable configuration: 2 cruciform bands, a single oblique band, an ypsiliform shape and 2 rings. The first 2 configurations were the most common. The A3 pulley was always composed of a short ring, except in 3 cases by 2 annular bands, which were located in the second finger of the left hand. The most common configuration

of the C2 pulley was a single oblique band. None of the cases had a cruciform or ypsiliform shape for this pulley. The A4 pulley was formed by a single thick ring with various possible endings: straight, oblique or overlapping with the C3 pulley. The retinacular digit channel is the area in which subjectivity can have the greatest influence in the dissection. The C3 pulley was formed by cruciform fibers or by simple oblique fibers. Often, these are oblique fibers that exceed the A4 and are not always a separate structure. The A5 pulley was always composed of a thin and short ring, except in 2 cases, in the fourth finger, formed by 2 annular bands.

In terms of length, the A2 pulley was the longest, followed by the A1, A4 and C1 (with the same mean length) and C3, C2 and A5 (the shortest). The A1 pulley was significantly longer in the second and third fingers and in the group formed by 3 or more rings. The A2 pulley was significantly shorter in the fifth finger. The C3 pulley was significantly longer in the third finger.

There was space between A1 and A2 in more than 80% of the cases. Contiguity of these pulleys was more common in the second and third fingers (25% and 23%, respectively), an important anatomical detail for clinical practice and surgery due to frequent disease in this area. The end of the retinacular channel was marked by the A5 pulley in 51.5% of the cases, the A4 pulley in 31.25% and the C3 pulley in 16%.

Pattern variability was high, with 24 distinct patterns found. The most common overall pattern was composed of A1-A2-C1-A3-A4 in 18.22% of cases. The most common pattern by finger was in the second and fifth fingers (A1-A2-C1-A3-A4), in the third finger (A1-A2-C1-A3-A4-C3-A5) and

in the fourth finger (the overall pattern). Only 3 fingers were found to have all possible pulleys present, which were in the third finger. The minimum pulley pattern possible was 3 pulleys (A1-A2-A4), which was found in 2 fifth fingers. The pattern variability within the same hand was also very high. There were only 3 hands (6.25%) in which the pulley pattern in the 4 triphalangeal fingers was the same.

2. INTRODUCCION

La primera descripción probada de las poleas de los tendones flexores de los dedos parece ser de Leonardo Da Vinci (1452-1529) (Fig 1a). Vesalio en 1543 en su libro *De humani corpore fabrica*, ya entonces destacó la importancia biomecánica de las poleas en la anatomía del cuerpo humano porque permitían producir la movilidad articular gracias a la tracción sobre los tendones sin crear un efecto de cuerda de arco (Fig 1b). Winslow en 1746 describe la vaina de los tendones flexores de los dedos situando su origen a nivel de la cabeza del metacarpiano (MTC) y utiliza el término de “hoja ligamentaria” para las poleas a nivel de la falange proximal (F1) y de la falange media (F2). En 1751 según el dibujo de Albino, en la Enciclopedia de Diderot y d'Alembert, las poleas son designadas como "los ligamentos que retienen a los flexores de los dedos”.

Los anatomistas al principio del siglo XIX aportan descripciones más precisas. Bichat en 1801, Portal en 1804, Boyer en 1815, Cloquet en 1836 y Cruveilhier en 1837 describen las partes engrosadas de la vaina de los flexores de los dedos como formaciones de fibras fuertes nacaradas, arciformes, ancladas a los bordes laterales de las falanges y que pasan por encima de los flexores. Ellos demuestran el papel de estas poleas para retener el aparato tendinoso más cerca de las falanges con el fin de evitar el efecto de cuerda de arco por la contracción de los flexores. También remarcan que estas vainas son más finas en la vecindad de las articulaciones interfalángicas. Portal describió el paso cruzado de fibras a nivel de las articulaciones digitales. Antomarchi en sus dibujos anatómicos del cuerpo humano de 1823 a 1826 ilustra claramente las diferentes

porciones de la vaina de los flexores. Lauth en 1829 describe tres componentes en el canal digital: 1- los ligamentos vaginales, 2- los anillos ligamentosos de las articulaciones y 3- los ligamentos cruzados. La descripción de Lauth y las ilustraciones que hicieron Bourger y Jacob en 1852 (Fig 1c) son sin duda las primeras descripciones que concuerda razonablemente con la anatomía que reconocemos hoy de la vaina de los flexores¹.

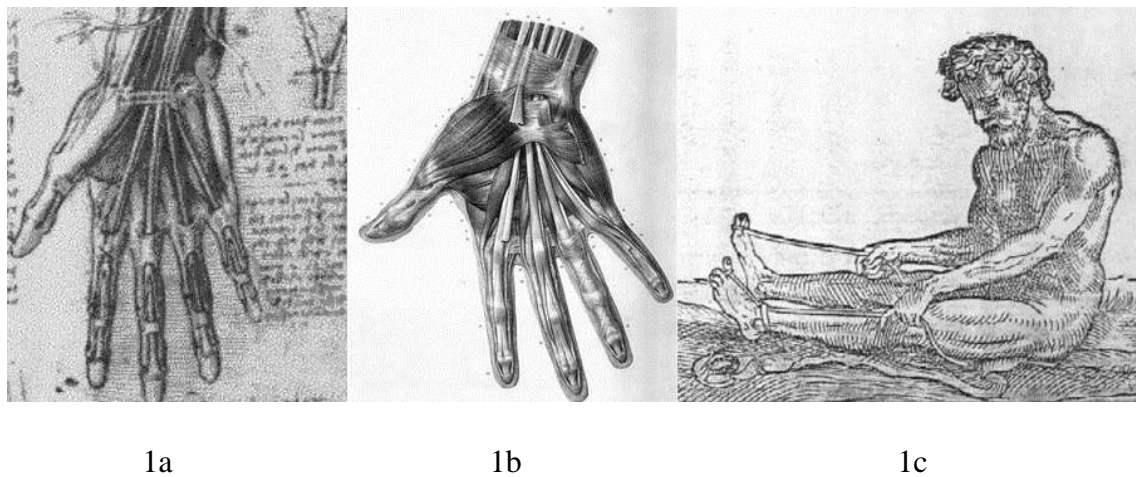


Fig 1: las poleas según los antiguos: 1a: según Leonardo da Vinci (1500); 1b: según Vesalio (1543); 1c: según Bourger y Jacob (1852). Tomadas de Moutet F. Les poulies de l'appareil fléchisseur: anatomie, pathologies, traitement. Flexor tendon pulley system: anatomy, pathology, treatment. Chir Main 2003;22:1-12.

La nomenclatura actual está basada en las descripciones hechas por Doyle y Blythe en 1975. La importancia de la vaina tendinosa y del sistema de poleas asociado siempre ha sido reconocida por los cirujanos de mano. Las poleas se requieren para el mantenimiento y la restauración de la función útil del tendón flexor². Este sistema está formado por el ligamento transversal del carpo, la polea de aponeurosis palmar y por el sistema de

poleas de los flexores de los dedos. Estos tres componentes representan un sistema biomecánico único y complejo que permite la flexión completa del dedo sin limitar la extensión. De estos tres componentes, las poleas digitales son las más importantes para la flexión de los dedos. La preservación y la reconstrucción de este sistema está basada en el conocimiento de la anatomía y la función de cada componente³.

Este sistema único funciona bajo múltiples requerimientos incluyendo un arco de movilidad de 260° en los dedos, grandes incrementos de fuerza, un complejo nutricional y circulatorio y factores de lubricación y difusión^{4,5,6}. La efectividad de la excursión tendinosa depende de mantener la relación entre las poleas y sus respectivos ejes articulares. Las poleas mantienen a los tendones flexores próximos al eje articular y evitan el efecto cuerda de arco, proporcionando así eficiencia y economía en la flexión del dedo. La ausencia de determinadas poleas provoca un aumento del momento de fuerza y requiere un aumento del desplazamiento tendinoso para producir el mismo arco de movilidad. Debido a que la excursión tendinosa es una fuente limitada, la movilidad articular se ve disminuida cuando el brazo de palanca se ve aumentado. Cuando se produce la cuerda de arco, el ángulo de ataque del tendón flexor está aumentado, lo cual causa fuerzas más grandes sobre las poleas y puede conducir a su elongación y una cuerda de arco adicional³.

Respecto a la histogénesis, Sbernardori et al en el año 2000 demostraron en manos embrionarias de 6 a 12 semanas que el sistema de poleas puede evidenciarse desde la novena semana de gestación y que las

estructuras son todas identificables a la duodécima semana, idénticas como son en el adulto⁷.

2.1. ANATOMIA DEL SISTEMA DE POLEAS

El propósito de esta tesis doctoral es ampliar el estudio del tercer elemento y más importante del sistema de poleas, las poleas de los flexores de los dedos trifalángicos, pero previamente se realiza una breve referencia a los otros 2 elementos.

2.1.1 Ligamento transverso del carpo:

En 1992, Kline y Moore⁸ propusieron que el ligamento transverso del carpo era un componente importante del sistema de poleas de la flexión de los dedos. Con la apertura quirúrgica del ligamento transverso del carpo, se ha demostrado que el aumento significativo en la excursión tendinosa flexora solo se produce cuando la muñeca está en posición de flexión. Esto podría provocar una disminución de la fuerza de agarre cuando la muñeca está flexionada aunque la mayoría de los actos de agarre se realizan con la muñeca en posición neutra o en extensión³.

2.1.2 Polea de aponeurosis palmar:

En 1983, Manske y Lesker⁹ describieron la polea de aponeurosis palmar. Está formada por fibras transversas de la aponeurosis palmar, que están ancladas a cada lado de la vaina sinovial por fibras verticales o septos intertendinosos que la unen al ligamento metacarpiano transverso profundo

y así forman un arco sobre los tendones flexores (Fig 2). Su anchura media es de 9.3 milímetros (mm), es más ancha sobre el tercer y cuarto dedo y su límite proximal comienza de 1 a 3 mm distal al inicio de la vaina membranosa¹⁰. Aunque no aplicada de forma tan estrecha sobre los flexores como las poleas digitales, al menos en estado estático, puede ocurrir una aproximación más cerrada cuando se aumenta la tensión en la aponeurosis palmar como sucede en el acto de agarrar. Esta tensión proximal es producida por el palmar largo, el flexor ulnar del carpo o ambos. Si se aplican fuerzas de tracción estáticas al tendón del palmar largo se produce una depresión de las fibras longitudinales de la aponeurosis y retracción del ligamento palmar transverso^{10,11}. Siguiendo la nomenclatura de Doyle, Blythe, Manske y Lesker bautizaron a la polea de aponeurosis proximal también como polea A0¹.

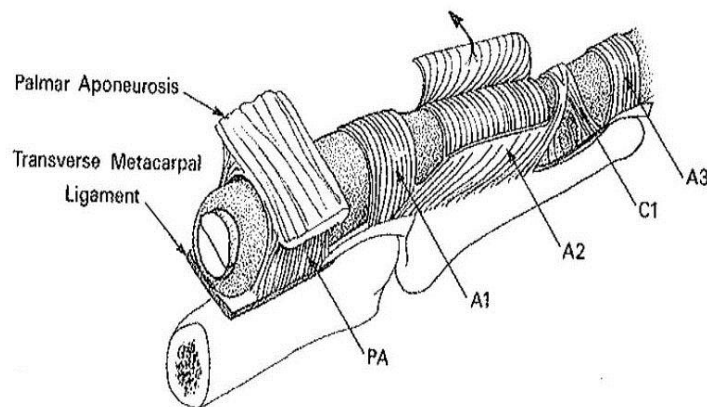


Fig 2: polea de aponeurosis palmar, componentes y su relación con otras poleas. Tomada de Doyle JR: Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg 1988;13A:473-484.

El trabajo de Manske y Lesker estableció el significado funcional de esta estructura como una polea, destacando que se preservaba de forma significativa el rango completo de movilidad del dedo si la aponeurosis palmar estaba intacta junto con la sección de las importantes poleas anulares primera y segunda. Determinaron el rango de movilidad completo para cada dedo en 12 manos de cadáveres y secuencialmente se fueron seccionando en diverso orden la aponeurosis palmar, la primera polea anular (A1) y la segunda anular (A2). El resultado de este estudio indicó que la pérdida funcional asociada con la ausencia de una de estas tres poleas es mínima y que la pérdida de flexión asociada a la ausencia de la primera o segunda anular es insignificante mientras la polea aponeurosis palmar estuviese presente. La pérdida de flexión aumenta si la ausencia de la primera o segunda anular está combinada con la ausencia de la polea aponeurosis palmar. Los autores concluyeron que como polea funcional, la más importante era la A2, seguida de cerca por la A1. Coinciden con otros importantes autores como Boyes y Stark¹² en 1971, Littler¹³ en 1947 y Rank et al¹⁴ en 1973 en que 2 poleas críticas son necesarias, una en la base de la falange proximal y otra en la porción media de la falange media. Aunque la posición de la polea aponeurosis palmar era la menos crítica de las tres, su importancia como polea era evidente en el aumento de pérdida de flexión de un 5.7% cuando solo ella estaba presente, a un 12.6% cuando estas tres poleas fueron cortadas⁹ (tabla 1). Múltiples estudios utilizando una excisión secuencial de varias poleas han demostrado la importancia de preservar o reconstruir la segunda y cuarta polea anular ^{4,11,15,16,17}.

1 polea seccionada			2 poleas seccionadas			3 poleas seccionadas
Poleas seccionadas	Poleas intactas	% pérdida del rango total de movilidad	Poleas seccionadas	Poleas intactas	% pérdida del rango total de movilidad	% pérdida del rango total de movilidad
A2	A1, PA	1.6	A1, PA	A2	2.8	12.6
A1	A2, PA	1.0	A2, PA	A1	3.2	
PA	A1, A2	0.8	A1, A2	PA	5.7	

Tabla 1: porcentaje de pérdida del rango total de movilidad según sección secuencial de las poleas A1, A2 y polea de aponeurosis palmar (PA).

Aunque la polea aponeurosis palmar puede ser considerada como una polea accesoria, se aconseja preservarla porque puede ayudar a sustituir de alguna forma a la primera o segunda poleas cuando no están presentes. La polea de aponeurosis palmar está en riesgo en la fasciectomía para el tratamiento de la enfermedad de Dupuytren. Todos los cirujanos deberían saber que los elementos transversos de la fascia palmar no están afectados en la enfermedad de Dupuytren y que éstos forman el techo de la polea de aponeurosis palmar. Así siempre que se pueda deberían ser preservados mientras que los elementos longitudinales y superficiales enfermos son reseca³.

Dentro de nuestro estudio no hemos incluido la polea de aponeurosis palmar al no formar parte desde el punto de vista anatómico de la vaina flexora pero sí hemos querido hacer referencia a ella sobre todo por su importancia funcional anteriormente descrita.

2.1.3 Vaina digital flexora:

La vaina tendinosa flexora de los dedos está compuesta por fibras conectivas (porción retinacular) y membrana sinovial (porción membranosa), los cuales tienen funciones diferentes y particulares. El suelo o cara dorsal del túnel flexor está compuesto por el ligamento metacarpiano transverso profundo, las placas palmares de las articulaciones metacarpofalángicas (MF), interfalángica proximal (IFP) e interfalángica distal (IFD) y por la superficie volar de la primera y segunda falange.

2.1.4 Porción membranosa:

La porción membranosa es un tubo de sinovial con una pared doble, hueco y sellado en ambos extremos. En el segundo, tercero y cuarto dedo, esta porción membranosa comienza en el pliegue palmar distal a nivel del cuello de los metacarpianos. En muchas ocasiones, la vaina sinovial del quinto dedo continúa proximalmente para comunicar con la vaina sinovial ulnar de la muñeca^{11,3}. También han sido descritas comunicaciones con las vainas sinoviales radial y ulnar en los otros dedos, existiendo un nivel considerable de variación en los patrones de comunicación entre ellas, detalle anatómico importante para la clínica por la posibilidad de extensión de una infección a través de la vaina sinovial de los músculos flexores de los dedos¹⁸. El límite distal es justo proximal a la articulación interfalángica distal.

La vaina sinovial está formada por dos capas sinoviales distintas: la capa profunda o visceral que engloba al tendón flexor y la capa superficial,

parietal, que recubre el canal flexor por fuera. Una vaina sinovial prominente se observa proximalmente y representa la confluencia de las dos capas, visceral y parietal. Las porciones sinoviales de la vaina son más evidentes en los espacios entre las poleas donde forman plicas y bolsas para acomodarse a la flexión y extensión (Fig 3 y 4)^{2,19,20}. La capa sinovial parietal es continua aunque está atenuada en las superficies de mayor fricción, como en la zona distal de la polea A2¹¹.

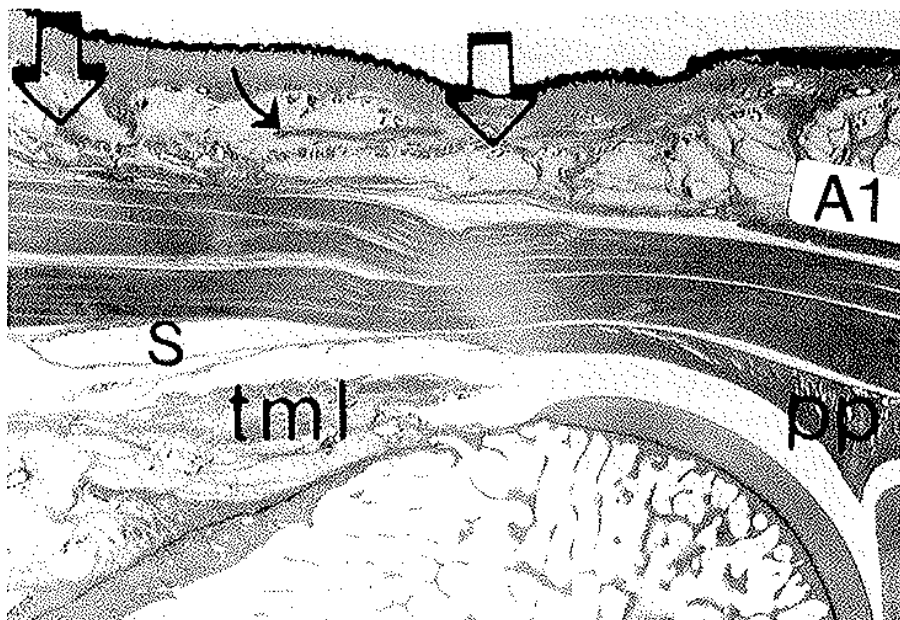


Fig 3: sección sagital del 3er dedo proximal a la MF. Flechas verticales: borde proximal y distal de la polea aponeurosis palmar, S: capas sinoviales visceral y parietal vistas como una bolsa sinovial entre los tendones, tml: ligamento transverso metacarpiano, pp: placa palmar. Tomada de Doyle JR: Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg 1988;13A:473-484.

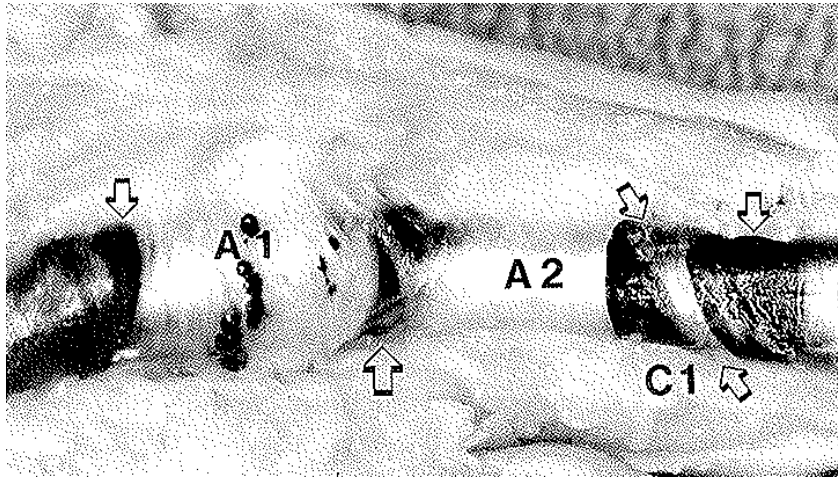


Fig 4: la porción membranosa de la vaina (flechas verticales) protuye entre los componentes retinaculares anulares y cruciformes. Tomada de Doyle JR: Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg 1988;13A:473-484.

2.1.5 Porción retinacular:

La porción retinacular (polea propiamente dicha) es una serie de condensaciones de tejido fibroso con configuración anular y cruciforme, interpuestas a lo largo de la superficie de la vaina sinovial de manera segmentaria, en localizaciones estratégicas, y que mantienen a los tendones flexores en una relación constante respecto al eje de la movilidad articular. Las poleas comienzan en la palma distal y finalizan en la articulación interfalángica distal. Las poleas cruciformes, aunque más a menudo tiene esa configuración, son variables en forma e incidencia. Pueden estar representadas a veces como ramas simples oblicuas o con forma ipsiliforme³. Entre el entrecruzamiento de las fibras de las poleas cruciformes penetran los elementos vasculonerviosos, que posteriormente formarán las vínculas tendinosas¹.

Doyle en 1975 define las poleas como bandas de tejido fibroso de variable anchura, grosor y configuración que recubren la vaina sinovial y de

forma arbitraria denomina A, a las anulares, y C, a las cruciformes. Identifica 4 poleas anulares y 3 cruciformes y las numera de proximal a distal: desde la A1 hasta la A4 a las anulares y desde la C1 hasta la C3 a las cruciformes (Fig 5)². Posteriormente Hunter et al²¹ en 1980 describió la quinta polea anular (A5) que se origina de la placa palmar de la articulación interfalángica distal (Fig 6).

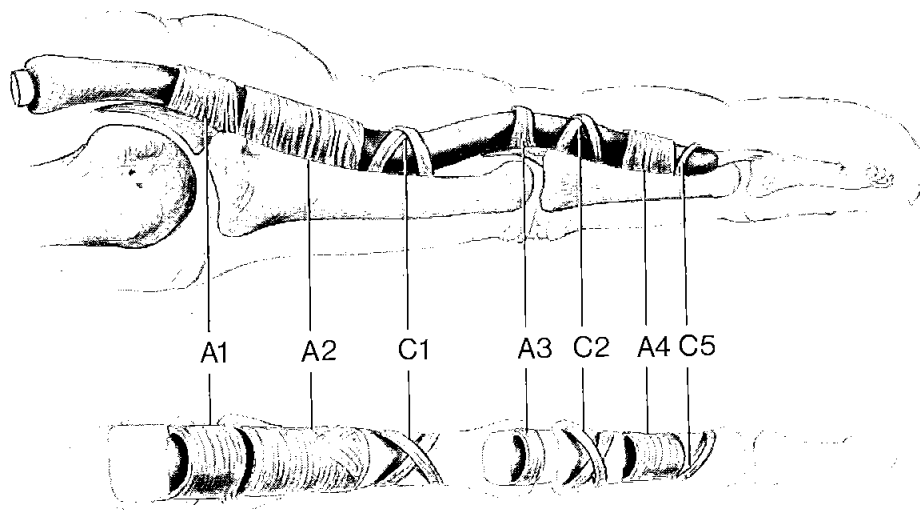


Fig 5: descripción del sistema de poleas por Doyle en 1975: 4 poleas anulares y 3 cruciformes (nótese la falta de A5). Tomada de Doyle JR, Blythe W. The finger flexor tendon sheath and pulleys: anatomy and reconstruction. AAOS Symposium on Tendon Surgery in the Hand. Saint Louis: CV Mosby Co; 1975. p. 81-7.

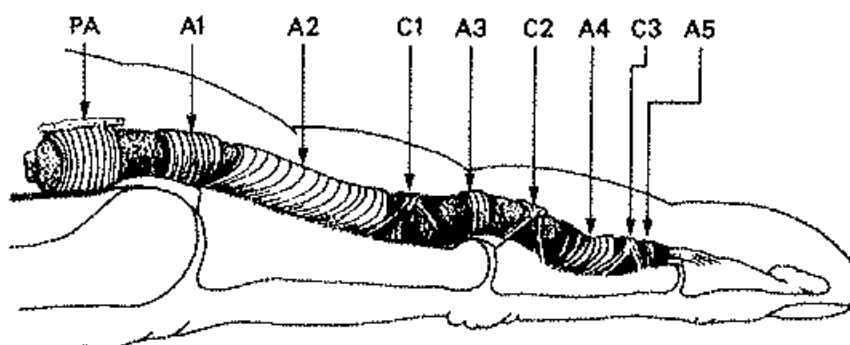


Fig 6: el sistema de poleas como se conoce hoy en día tras la descripción de A5 por Hunter en 1980. Tomada de Doyle JR: Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg 1988;13A:473-484.

2.1.6 Polea A1:

La primera de las poleas anulares comienza aproximadamente 5 mm proximal a la línea articular metacarpofalángica. Esta banda, según Doyle (1975), tiene un grosor de 0.5 mm y una longitud de 8 a 10 mm. Su longitud es alrededor de un 20% del tamaño de la primera falange¹. Fue arbitrariamente designada como anular 1 y está separada de la siguiente y más larga de las poleas anulares por un espacio de 1 a 3 mm, a través del cual protuye la vaina sinovial durante el movimiento de flexión. Alrededor de dos tercios de sus fibras se originan de la placa volar MF subyacente y el resto de la F1 (Fig 7). Aunque su configuración más usual (59%) es de un solo anillo, cuya anchura media es de 7.9 mm, a veces está representado por dos o tres bandas anulares¹¹ (Fig 8).

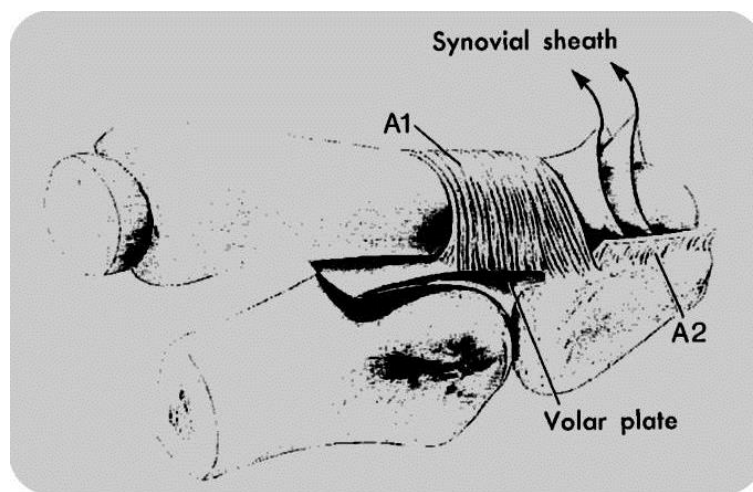


Fig 7: la placa volar de MF y la inserción de A1. Tomada de Doyle JR, Blythe W. The finger flexor tendón sheath and pulleys: anatomy and reconstruction. AAOS Symposium on Tendon Surgery in the Hand. Saint Louis: CV Mosby Co; 1975. p. 81-7.

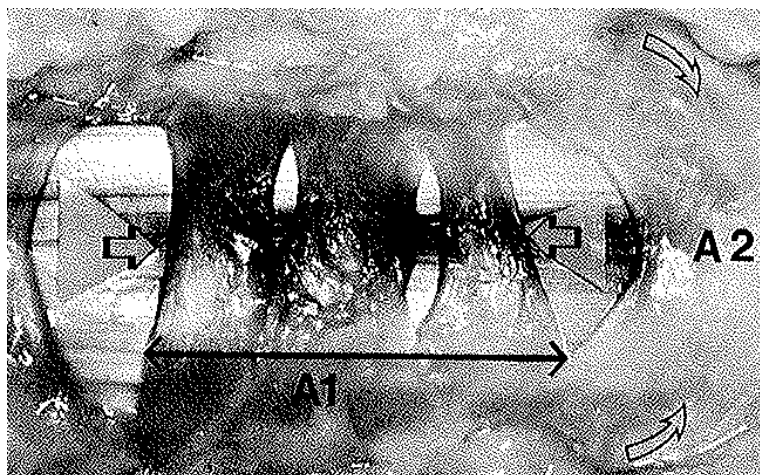


Fig 8: polea A1 con tres anillos. Las flechas horizontales señalan el inicio y final de A1 mientras que las flechas curvadas indican las fibras oblicuas que forman el inicio de A2. Tomada de Doyle JR: Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg 1988;13A:473-484.

2.1.7 Separación entre las poleas A1-A2:

Bunnell describió en 1944 respecto a las poleas anulares alrededor de la articulación MF, que la polea proximal realmente tenía dos partes, separadas a nivel de la articulación, que comenzaba en la cabeza del metacarpiano y terminaba más allá de la mitad de la primera falange²². Barton²³ (1969) y De la Caffinière²⁴ (1975) describieron el complejo entero de poleas alrededor de la MF como “polea proximal”. En 1972 Verdan describió 3 poleas anulares: la primera, un ligamento corto anclado a la placa palmar de la MF, la segunda, una polea más grande en la falange proximal y la tercera en la falange media²⁵. Strauch y Moura concluyeron que en la mayoría de los casos (65%) no había separación entre A1 y A2²⁰.

En contraposición a lo expuesto, Doyle en su estudio de 61 dedos en 1988, observó una separación característica entre la polea A1 y la A2 como la configuración más usual (95%). Esta separación medía de 0.4 mm hasta

4.1 mm y era más ancha en la cara palmar¹¹. Posteriormente en el 2001 comenta que en aquellos casos en los que no existe separación entre la A1 y A2, debe haber un adelgazamiento pronunciado del tejido retinacular durante una distancia de varios milímetros o grandes aperturas laterales de forma triangular y esto permite la flexión de la articulación MF sin un bloqueo del complejo de poleas y así se evita el potencial pinzamiento del tendón (Fig 9). Además en el espacio entre A1 y A2 es común encontrar vainas sinoviales³ (Fig 4). En su estudio de 1989 ampliado hasta 81 dedos, revela una separación de 1 a 3 mm entre A1 y A2 en el 80% de los casos y concluye, al igual que otros muchos autores que han observado una separación distinta entre A1 y A2, que existen suficientes diferencias anatómicas entre las poleas A1 y A2 para considerar estas dos estructuras como poleas separadas^{4,9,21,26,27,28,29,30,31,32}.

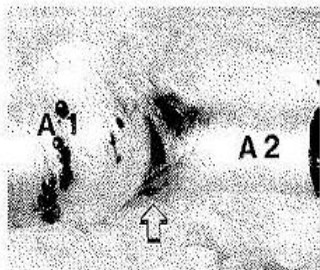


Fig 9: aperturas laterales en la parte proximal de A2. Tomada de Doyle JR. Palmar and digital flexor tendon pulleys. Clin Orthop Relat Res 2001;383:84-96.

2.1.8 Polea A2:

En contraste con la variabilidad en configuraciones de la polea A1, el margen proximal de la segunda polea anular es constante en forma, con fibras oblicuas que se originan en la base lateral y proximal de la primera falange, dándole una forma semilunar característica. Estas fibras recubren a fibras anulares para terminar en un borde final grueso y prominente³.

Algunos autores piensan que estas fibras oblicuas son parte de un sistema cruciforme de poleas y han designado a estas fibras como polea cruciforme cero³³. Doyle en 2001 piensa que estas fibras oblicuas son una parte integral de la polea A2 y no aconseja una designación separada. Estas fibras recubren a las fibras anulares de la A2 y no son una unidad funcional diferente como lo son las tres poleas cruciformes³.

La segunda polea anular, la más larga de todas, se origina completamente de la falange proximal y comienza alrededor de 5 a 7 mm distal a la línea articular MF. Tiene una longitud media de 16.8 mm (alrededor de un 40% del tamaño del tamaño de la falange proximal)¹ y varía en grosor de 0.25 a 0.75 mm, siendo más gruesa en el extremo distal, zona en la cual es característico encontrar un tejido similar al cartilaginoso, como se explicará posteriormente³ (Fig 10 y 11).

Hunter en 1984 propuso dividir esta polea larga en dos segmentos, uno proximal (A2a) y el otro distal (A2b)³⁴.

A nivel distal, las fibras anulares más profundas se superponen con capas de fibras cruciformes interdigitándose entre ellas en la parte distal para formar la primera polea cruciforme³.

2.1.9 Polea C1:

Al final de la polea A2, un arco de fibras oblicuas se interdigita con fibras del lado opuesto y forman la primera polea cruciforme (C1). Esta polea es bastante delgada, relativamente adyacente a A2 y tiene una anchura de 3 a 4 mm en la confluencia de sus fibras². En el estudio de Doyle

en 1988 es constante, aparece en el 100% de los 61 dedos estudiados. Su forma es variable: cruciforme, oblicua simple o ipsiliforme. Según este estudio, la forma más frecuente es la cruciforme (83.6%), mientras que la oblicua simple y la ipsiliforme aparecían en igual frecuencia (8.2%)¹¹ (Fig 10 y 11).

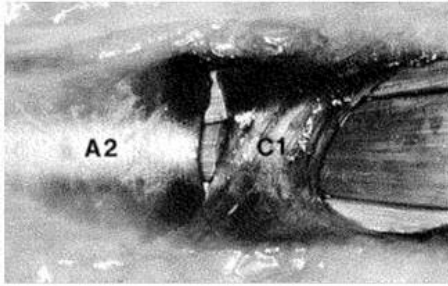


Fig 10: polea A2 con su característica zona distal engrosada y polea C1 cruciforme. Tomada de Doyle JR: Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg 1988;13A:473-484.

2.1.10 Polea A3:

La tercera polea anular (A3) está localizada a nivel de la articulación interfalángica proximal y se origina de su placa volar. En el estudio de Doyle en 1988 (61 dedos) estaba presente en la mayoría de los especímenes (87%) y en el de 1989 (ampliado a 81 dedos) estaba en un 90%. Tiene una anchura media 2.8 mm¹¹ y un grosor de 0.33 mm² (Fig 11).

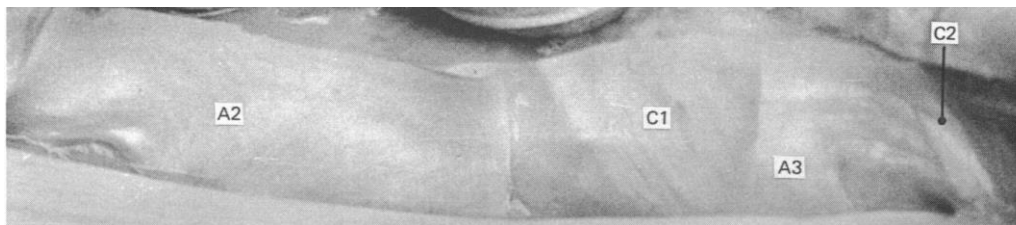


Fig 11: poleas A2, C1, A3 y C2. Tomada de Amis AA, Jones MM: The interior of the flexor tendon sheath of the finger. The functional significance of its structure. J Bone Joint Surg 1988;70B:583-587⁴².

2.1.11 Polea C2:

La segunda polea cruciforme (C2) se encuentra en la base proximal de la falange media. Es similar a la anterior cruciforme, un poco más delgada y parece tener menos configuración cruciforme². Según el estudio de Doyle en 1988 su presencia es del 72%, con forma variable: cruciforme (37%), oblicua simple (31%) e ipsiliforme (3.2%)¹¹ (Fig 11 y 12).

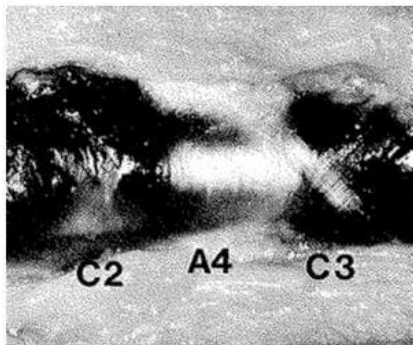


Fig 12: poleas C2, A4 y C3. Tomada de Doyle JR: Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg 1988;13A:473-484.

2.1.12 Polea A4:

En contraste con las poleas cruciformes, la cuarta polea anular (A4) es una estructura gruesa y fácilmente identificable que ocupa el tercio medio de la falange media. Tiene una longitud de 10 a 12 mm. Está recubierta por fibras oblicuas en su parte distal que forman la tercera polea cruciforme². Tiene una anchura media de 6.7 mm y es más gruesa en su porción media³. En el estudio de Doyle en 1988 está presente en todos los casos menos en un segundo dedo (98.3%). En 1989 comenta que está siempre presente (Fig 12 y 13).



Fig 13: sección longitudinal mostrando la polea A4 en la porción central de la falange media (señalizada con flechas). Nótese que la vaina sinovial termina antes de la IFD (señalizado a la derecha). Tomada de Doyle JR: Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg 1988;13A:473-484.

2.1.13 Polea C3:

Una tercera polea cruciforme (C3) comienza en el margen distal de la cuarta polea anular. Respecto a su forma, en ocasiones tiene fibras cruciformes que se interdigitan, pero es más frecuente que sea una banda oblicua simple de fibras². Doyle en 1988 comenta que está formada por extensiones prominentes de fibras oblicuas que sobrepasan la A4 y no es siempre una estructura separada (Fig 12 y 14).

2.1.14 Polea A5:

Descrita inicialmente por Hunter en 1980 y siendo corroborado con una descripción similar por Kleinert y Broudy en 1981³⁵ y Schneider³² en 1982, la quinta polea anular (A5) es bastante fina, con una anchura media de 4.1 mm y está anclada a la placa palmar subyacente de la articulación interfalángica distal. La vaina sinovial membranosa termina justo proximal

a esta articulación y no hay poleas más allá. El tendón flexor profundo continúa más allá de la inserción de la vaina hasta la base de la tercera falange³. Según estudió Doyle en 1988 está presente en 80% de los especímenes¹¹ (Fig 14).

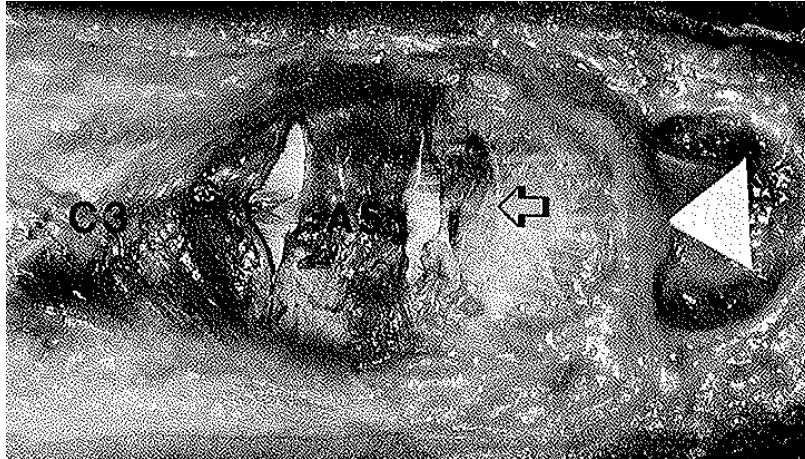


Fig 14: polea C3 cruciforme y polea A5. Nótese como el tendón flexor profundo (flecha horizontal) sobrepasa el final de la vaina y la polea A5 y se inserta más distal (vértice de la flecha triangular). Tomada de Doyle JR: Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg 1988;13A:473-484.

2.1.15 Variaciones individuales:

Junto a las variaciones anatómicas previamente descritas en las poleas anulares y cruciformes, otras variaciones individuales han sido descritas en el estudio de Doyle en 1988:

1. Una polea A3 con 2 anillos.
2. Un polea A5 con forma ipsiliforme.
3. Una polea A5 con 2 anillos.
4. Una polea cruciforme accesoria ente C1 y A3.

5. Una polea cruciforme sobre la articulación interfalángica proximal en la posición usualmente ocupada por A3 (hallazgo encontrado en 3 dedos de la misma mano) ¹¹.

Otros autores también han descrito hallazgos adicionales:

Kleinert y Lubahn en 1984 describieron una polea cruciforme entre la polea A1 y A2²⁶. Doyle en 1988 no pudo identificar una polea similar en ninguno de sus 61 especímenes aunque comenta que las fibras oblicuas del margen proximal de la polea A2 puede aparentar la presencia de una polea cruciforme¹¹.

Strauch y Moura en 1985 describen una polea anular en la base de la falange media en el lugar usual de C2. Ellos también describen una polea anular distal a la polea A5 en la base de la tercera falange²⁰, pero según Doyle no es posible identificar poleas en esta área. La vaina termina claramente en la articulación interfalángica distal justo más allá de la polea A5. Doyle piensa que estas estructuras similares a una polea descritas por Strauch y Moura distal a la A5 son elementos de la fascia digital descritos por Shreswsbury y Johnson en 1975. Esta conclusión concuerda con el concepto de que las poleas por definición son estructuras de tejido fibroso que recubren la vaina sinovial¹¹.

Como resumen, Doyle en 1989 concluye que la segunda y cuarta polea anular son las más grandes, más gruesas y más constantes en forma e incidencia. La primera, tercera y quinta poleas anulares son las menos constantes en forma e incidencia al igual que las poleas cruciformes. Aunque

se han identificado variaciones significativas en la morfología de la primera anular y de las poleas cruciformes, existe suficiente similitud entre la primera descripción que realizó en 1975 para apoyar el uso de su terminología descriptiva original¹¹.

2.2 RELEVANCIA E INTERES CLINICO:

Una flexión tan significativa en el dedo se consigue sin bloqueo del sistema retinacular o pinzamiento de los tendones subyacentes debido a que:

1. Las poleas más amplias, la segunda y cuarta anulares, están localizadas entre articulaciones, mientras que las poleas anulares más estrechas, la primera y tercera anulares, están sobre las articulaciones.
2. Las poleas están dispuestas de forma segmentaria con vaina sinovial y ventanas entre ellas (Fig 4).
3. Las poleas cruciformes, más finas y más estrechas, están localizadas cerca de las articulaciones donde pueden acomodarse más fácilmente al limitado espacio en flexión acusada.

La adaptación funcional del sistema retinacular a los requerimientos de la flexión también es patente en la región de la articulación metacarpofalángica donde una acomodación anatómica siempre está presente entre la primera y la segunda falange, bien en la forma de una separación bien definida entre estas dos poleas, o mediante un adelgazamiento del margen continuo de la primera y segunda anular, o mediante unas aperturas con forma triangular en los márgenes laterales del

retináculo para que la flexión pueda ocurrir sin pinzamiento³ (Fig 9). Además, la capacidad de comprimirse ha sido descrita en varias poleas y puede también ser un factor en la acomodación de la movilidad articular sin colapso y pinzamiento³⁶.

Desde el punto de vista biomecánico, Lin identifica tres mecanismos de acción de las poleas según su tipo y su situación anatómica:

- 1- Las poleas anulares “diafisarias” (A2 y A4): mantienen una relación constante del tendón flexor al eje de rotación de la articulación subyacente. Se retraen poco en flexión (menos de 25%) y previenen la cuerda de arco opuesta a los huesos cóncavos (metacarpianos, falange proximal y media), que sin ellas, aparecería en flexión. La supresión de una de estas poleas anulares diafisarias tiene un efecto sobre la movilidad ya que ellas relajan al aparato flexor, disminuyendo así su momento flexor evitando su alejamiento del esqueleto (Fig 15).

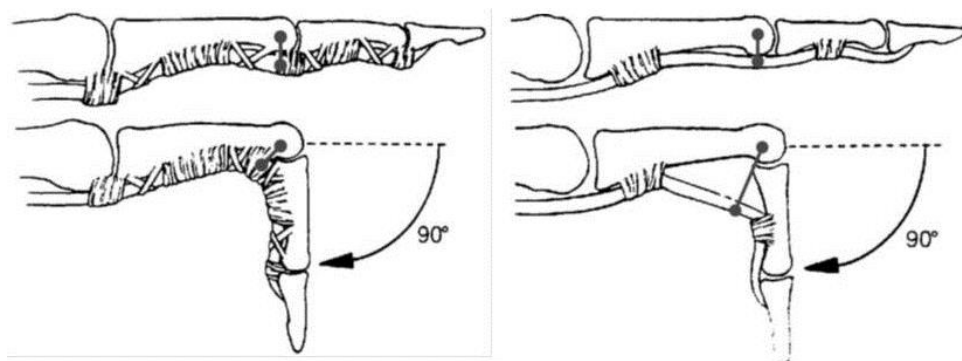


Fig 15: el efecto cuerda de arco: la supresión masiva de parte del canal digital produce un aumento del brazo de palanca y del momento flexor. Tomado de Moutet F. Les poulies de l'appareil fléchisseur: anatomie, pathologies, traitement. Flexor tendon pulley system: anatomy, pathology, treatment. Chir Main 2003;22:1-12.

- 2- Las poleas anulares “articulares” (A1, A3 y A5): tienen una relación variable con el eje de rotación de la articulación que recubren ya que dependen de la posición que tengan ellas mismas. No previenen la cuerda de arco de su articulación. Se acortan más del 50% en flexión. Estas poleas se anclan a la placa palmar en un lado y al hueso en el otro lado y sirven para repartir las fuerzas durante la flexión del dedo y el desplazamiento hacia delante de la placa palmar durante la flexión. Así la polea A3 toma toda la importancia si queda como única polea intacta delante de la interfalángica proximal.
- 3- Las poleas cruciformes (C1, C2 y C3): varían en espesor, en tamaño y en porcentaje de acortamiento durante la flexión. Tienen escasa función retentiva sobre el efecto cuerda de arco^{1,33}.

Durante la flexión de los dedos, el canal digital asume las tensiones producidas y las poleas presentan valores de resistencia a la ruptura bastante considerables. En 1992, Schuind evaluó la fuerza que los tendones flexores producen sobre las paredes del canal digital y sobre las poleas, siendo de 34 N para la movilización sin resistencia, de 63 N para el agarre global, de 65 N para la pinza digital lateral y de 118 N para la pinza pulpejo término-terminal³⁷.

2.3 RESISTENCIA A LA RUPTURA E INTEGRIDAD DEL CANAL DIGITAL:

Manske y Lester en 1977 encontraron que la resistencia media a la ruptura de A1 era de 310 N y de A4 de 193 N, más importante que la de A2 (137 N). La resistencia variaba según el dedo, siendo las poleas del tercer dedo las más sólidas seguidas en orden del cuarto, segundo y quinto dedos. Esto fue ligeramente modificado por Lin en 1989 para el que la polea A2, con una resistencia a la ruptura de 407 N, es más sólida que A4, que no resiste más que 210 N (tabla 2) ³³.

POLEA	FUERZA DE RUPTURA (N/mm)
A1	324
A2	407
A3	80
A4	324
A5	<80
C1,C2,C3	<80

Tabla 2: Fuerza máxima de ruptura (N/mm) según Lin. La resistencia por mm de cada polea puede ser calculada dividiendo la carga máxima entre la longitud (mm) de la polea, siendo de 25 a 30 N/mm para las poleas anulares y de 5 a 10 N/mm para las poleas cruciformes³³.

En el año 2000 Mitsionis, con un método de tracción funcional más próximo a la realidad de las condiciones fisiológicas, aporta cifras más realistas que las de Lin que utiliza la técnica de bucle de tracción. Las poleas A2 y A4 resisten 224 N y 131 N respectivamente, que está muy por encima de las fuerzas aplicadas durante la movilización activa. Demostró que la resección cercana al 75%, en todo caso del 50%, de A1 o A4 permite conservar una fuerza residual suficiente para las actividades cotidianas sin riesgo de ruptura de la polea ni incidencia sobre el enrollamiento digital³⁸. Anteriormente, en 1995, Tang había demostrado que la excisión parcial de

A2, si A1 y A3 permanecían intactas, no disminuía la fuerza global de agarre más que un 9%, mientras que si la polea A0 era también suprimida la pérdida de función era notable³⁹. Los trabajos de Savage también en 1990 demostraron que ni A2 ni A4 eran indispensables siempre que la mayor parte de la vaina del canal digital permaneciese intacta⁴⁰.

Estos diversos estudios convergen todos en la necesaria cohesión del sistema de reflexión y de deslizamiento que realizan las poleas, indispensable para conservar la función digital, tanto en movilidad como en fuerza. Sin embargo está claro que la supresión de determinada porción de la polea no suprime la función mecánica, sino que es tolerable y permite considerarlo en las reparaciones de los flexores en el canal digital¹.

2.4 ANATOMIA ULTRAESTRUCTURAL DE LA VAINA FLEXORA DE LOS DEDOS:

Bunnell relató que una vaina tendinosa era una adaptación que permitía a un tendón girar una esquina. Manifestó que, “el tendón desliza alrededor de una curva sobre una capa fina de líquido sinovial entre dos superficies lisas de sinovial, como las superficies metálicas en el deslizamiento de una máquina sobre una capa fina de aceite”. También describió que la vaina tendinosa tenía dos capas de sinovial, una capa visceral recubriendo al tendón, y una capa parietal recubriendo el túnel fascial (retinacular) a través del cual los tendones deslizan²².

Lundborg y Myrhage observaron una membrana bien vascularizada con plicas y vainas en los márgenes de las poleas donde son importantes

para la flexión y estiramiento del canal digital. Estos autores observaron que no había continuidad de la capa de células sinoviales en la superficie de fricción de la segunda polea anular sino que apreciaron tejido similar al cartilaginoso en las capas superficiales de esta polea⁵. Knott y Schmidt también observaron tejido similar al cartílago en la parte final de la segunda polea anular y que en determinadas áreas avasculares de la porción palmar de los tendones estaban ausentes de tejido sinovial visceral y tenían diferenciación cartilaginosa similar a los hallazgos de la A2²⁹. Lundborg y Myrhage concluyeron que la superficie de fricción de las poleas está desprovista de vasos y que la fricción y el deslizamiento en el sistema de vaina digital se produce entre dos estructuras avasculares, que son la cara palmar de los tendones flexores y la cara interna de las poleas. Estas superficies de deslizamiento avascular se nutren a través de difusión del líquido sinovial. El plexo vascular de la vaina sinovial está en continuidad en la cara exterior de las poleas rígidas y así las poleas pueden encontrarse con la fuerza mecánica de la flexión de los dedos mientras la membrana sinovial evita la compresión vascular y la microcirculación no se ve comprometida. Los elementos sinoviales de la vaina bien vascularizados representan una membrana de diálisis que produce un filtrado del plasma, el líquido sinovial, el cual actúa como un agente lubricante y también como un agente nutricional para el sistema retinacular y el tendón relativamente avasculares³¹. La forma de lubricación en la vaina es llamada lubricación límite en contraste con la lubricación hidrodinámica en las articulaciones⁴¹. El líquido sinovial es un líquido viscoso que tiene resistencia a fluir, lo que

es conocido como tixotropía, propiedad vital para la lubricación en articulaciones y vainas tendinosas¹.

Cohen y Kaplan mediante microscopio electrónico observaron que la vaina consiste en una capa continua de sinovial parietal reforzada externamente a intervalos por densas capas de colágeno (el sistema retinacular). También apreciaron que los continentes de esta vaina estaban cubiertos independientemente por una segunda capa de sinovial visceral y que las dos capas se hacían continuas en el fondo de saco proximal, en el origen de las vínculas y en la inserción de los tendones. Las células sinoviales que recubren las poleas y los tendones eran cualitativamente, pero no morfológicamente, diferentes de las células sinoviales de la porción membranosa (sinovial) de la vaina. El grosor de las capas sinoviales era más grande en los espacios entre las poleas y más fino o atenuado por debajo de las poleas anulares y sobre las superficies tendinosas alejadas de las vínculas y fondos de saco¹⁹.

Las poleas no son solamente un engrosamiento de la vaina digital desde el punto de vista ultraestructural. Están formadas por tres capas, una interna mono o bicelular representando la capa parietal de la vaina tendinosa, una capa media formada por fibras de colágeno y fibroblastos orientados perpendicularmente al eje mayor de la falange subyacente y por último una capa externa, de tejido mesenquimal, ricamente vascularizado que se extiende dorsalmente de forma anular y que engloba al aparato flexor, al aparato extensor y a la matriz cartilaginosa de la falange. De hecho la polea no tiene una forma semicircular sino más compleja en forma

de ocho debido a la capa media que se extiende a la vez dorsalmente y ventralmente sobre el tendón flexor. Esta forma en ocho permite el alargamiento o la retracción del conjunto según el movimiento de extensión o flexión del dedo¹.

Amis y Jones (1988) observaron que la cara interna de la vaina no es una superficie lisa continua, sino que a menudo sobresale por los márgenes libres de las poleas formando protuberancias de la vaina hacia proximal y distalmente. Así los márgenes libres de las poleas pueden ser sitios en los que se produzca el pinzamiento o engatillamiento de un tendón cortado parcialmente, de una sutura tendinosa voluminosa o irregular o de un nudo de sutura prominente. Aunque las porciones fibrosas de la vaina parezcan contiguas cerca del final del arco de flexión, es obvio que el posible pinzamiento puede ocurrir alrededor de cualquier borde libre durante la flexión. Estos hallazgos anatómicos son más notables en el margen distal de la segunda polea anular y en el margen proximal de la primera polea anular. Estos solapamientos sinoviales adyacentes a los márgenes libres de las poleas son relativamente pequeños, con una profundidad media de 0.5 a 1 mm excepto en el margen distal de A2. Aquí siempre se encuentra el fondo de saco más grande, con una profundidad media de 2.1 mm para los 4 dedos, y si se descarta el 5º dedo, la profundidad es de 2.4 mm, con un rango de 0.5 a 5 mm⁴².

Estos mismos autores observaron que existen espacios potenciales de tejido no anclado entre la fascia superficial grasa y la vaina, justo superficial a las uniones de las partes finas de la vaina con las poleas anulares gruesas.

Esto es más visible a nivel de la articulación interfalángica proximal. Durante la flexión las partes finas de la vaina protuyen ventralmente hacia estos espacios, y los bordes de las poleas (borde distal de A2, bordes de C1, A3 y C2, y borde proximal de A4) se aproximan una contra otro durante la flexión, por lo que no hay espacio entre estas poleas cuando las articulaciones se encuentran en completa flexión⁴².

2.5 JUSTIFICACION Y OBJETIVOS:

La historia de las variaciones anatómicas humanas es la historia de la anatomía en sí misma⁴³ y el futuro de la anatomía depende de métodos futuros para el estudio de variaciones anatómicas⁴⁴.

Vesalio, después de Galeno, está considerado como el padre de la anatomía moderna con su trabajo *De Humani Corporis Fabrica*, el cual contiene numerosas referencias a las variaciones anatómicas⁴⁵. De hecho establecer las fronteras de la normalidad no es fácil y lleva varias décadas de observaciones hasta que un compendio de variaciones anatómicas humanas es publicado^{46,47}.

El estudio de las variaciones anatómicas no puede ser solo limitado a anormalidades o variantes anatómicas raras, también engloba variaciones “normales” entre los individuos. Esto es por lo que las variaciones anatómicas han sido consideradas como una parte integral al enseñar anatomía. El conocimiento de las variaciones comunes influye en la capacidad de reconocer la realidad clínica diversa de la anatomía⁴⁸.

Las variaciones anatómicas pueden ser divididas de una forma amplia en tres categorías: morfométricas (tamaño y forma), consistencia (presencia, ausencia o múltiples) y espacialmente (proximal/distal, radial/ulnar, etc...)⁴⁸.

Muchas variaciones anatómicas tienen relevancia clínica. Por ejemplo las múltiples variaciones anatómicas del nervio mediano y la vulnerabilidad de lesionarlo durante la intervención quirúrgica. Es más, el desconocimiento anatómico ha aumentado algunos tipos de reclamaciones médico-legales, muchas de las cuales han sido relacionadas con daños de estructuras subyacentes y vistas como una amenaza a la seguridad del paciente⁴⁹,⁵⁰,⁵¹. Cahill y Leonard en 1999 publicaron que un 10% de la mala práctica clínica es debido a la ignorancia de variaciones anatómicas. Muchos autores piensan que la mala práctica debido al desconocimiento de la anatomía está subestimado, ya que cada “complicación” anatómica no se documenta ni se publica y algunos “errores” quirúrgicos no conducen a complicaciones clínicas⁵²,⁵³.

El progreso médico necesita un conocimiento más exacto de la variabilidad de la morfología humana para mejorar el rendimiento diagnóstico y terapéutico. Los avances en las nuevas técnicas de imagen (ecografía, resonancia nuclear magnética, tomografía axial computerizada, etc.), de cirugía (reconstructiva, mínimamente invasiva, etc.) y de otras áreas, han abierto un nuevo campo de investigación para la anatomía descriptiva⁵⁴.

En los trabajos existentes hasta la actualidad hay diferentes resultados sobre distintas características de las poleas y sus espacios en los dedos trifalángicos humanos. Principalmente hay controversia sobre cuatro parámetros: 1- incidencia, 2- forma, 3- longitud y 4- patrones digitales. No existe un estudio en el que se especifique el método de medición utilizado. Por los motivos expuestos a lo largo de esta introducción y los distintos resultados en la bibliografía consultada, trabajos todos ellos basados en muestras pequeñas, nos proponemos la realización de la presente Tesis doctoral con los siguientes objetivos:

1. Realizar una profunda revisión bibliográfica del tema.
2. Realizar un estudio en una muestra con un tamaño que proporcione estadísticos representativos de las principales características de las poleas.
3. Realizar un análisis anatómico y estadístico de los siguientes parámetros de las poleas del estudio: incidencia, forma, longitud y patrón.
4. Analizar la variabilidad del número de poleas mediante un diseño de experimentos de tres factores (mano, dedo y longitud), con los siguientes contrastes de hipótesis:
 - Contraste de hipótesis de igualdad del número de poleas según el lado de la mano.
 - Contraste de hipótesis de igualdad del número de poleas en cada dedo.
 - Contraste de hipótesis de igualdad del número de poleas según la longitud de la mano.

3. MATERIAL Y METODOS

Se han disecado 48 manos de cadáveres humanos (192 dedos trifalángicos) pertenecientes al Departamento de Anatomía y Embriología Humanas de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de edades comprendidas entre 46 y 97 años. De las 48 manos, 26 pertenecían al mismo sujeto y el resto eran unilaterales. Del conjunto de manos, 23 eran derechas y 25 izquierdas, 26 pertenecían al sexo femenino y 22 al masculino.

Eran especímenes sin lesiones previas en la mano. Cada mano fue inmovilizada en una tabla plana de madera con los dedos en extensión completa. Se realizó disección desde la región mediocarpiana hasta el pulpejo en los 4 dedos trifalángicos, retirando de forma cuidadosa la piel y las partes blandas de la vaina digital y posteriormente mediante técnica microquirúrgica, ayudado con gafas lupa de 3,5 aumentos o con microscopio de disección a 10 aumentos, para la identificación de las poleas y de los espacios entre ellas.

El material empleado para disección macroscópica fue bisturís de los números 15 y 11 y pinzas Adson. Para la disección de las poleas se utilizaron pinzas y bisturí de microcirugía. En algunos casos para facilitar la identificación y posterior medición se pintaron las poleas con una solución diluida de azul de metileno.

3.1. SISTEMA DE MEDIDA:

Se realizó la medición de la polea A2 en los cuatro dedos de cada mano disecada con un micrómetro de puntuación fina, para tenerlo como referencia. Posteriormente se realizó una foto con cámara Nikon desde un

soporte fijo, todas a la misma altura y con las mismas especificaciones en la cámara. Las mediciones se han realizado con la ayuda del programa Adobe Photoshop CC 2014. Primero se ajustaba la escala de medida teniendo como referencia las poleas A2 medidas con el micrómetro. Una vez ajustada la escala se tomaron las medidas que se van a exponer a continuación de cada dedo trifalángico, en milímetros (mm), con décimas y centésimas, redondeando o aproximando la milésima del milímetro al valor superior si el resultado real es igual o superior a la mitad.

Debido a que la configuración de las poleas y los espacios entre ellas a menudo no son líneas rectas se ha realizado el siguiente sistema para realizar las mediciones. Inicialmente se midió la anchura del dedo en su parte proximal y distal y se dibujó una línea longitudinal media que se utiliza como referencia para la medición de todas las poleas y los espacios entre ellas (Fig 16). La longitud de las poleas anulares se realizó en línea recta desde el punto medio de la anchura de la polea (Fig 17). En el caso de que exista más de un anillo se midió la longitud global de la polea, la longitud de cada anillo y la longitud del espacio entre los anillos existentes (Fig 18 a 21). La longitud en las poleas cruciformes se realizó en línea recta proyectando de forma ortogonal a la línea media el inicio más proximal y el final más distal (Fig 22 a 24). La longitud de los espacios entre las poleas se realizó de la misma manera. El espacio entre las poleas anulares se midió en línea recta desde el punto medio del final más distal de la polea precedente y el inicio más proximal de la siguiente polea, mientras que con las poleas

cruciformes se proyectó ortogonalmente a la línea media el inicio y el final de las mismas (Fig 20 y 25).



Fig 16: línea longitudinal media



Fig 17: medición polea A2. Línea longitudinal media en rojo. Las flechas azules indican el inicio y el final de la polea sobre la línea longitudinal media. La línea negra indica la longitud de A2.

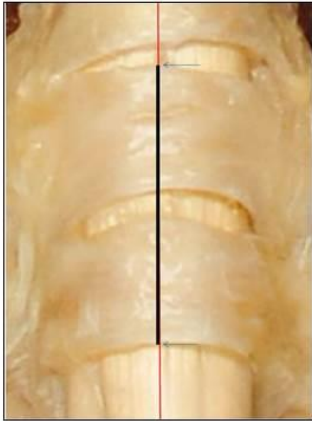


Fig 18: medición polea A1 con 2 anillos. Línea longitudinal media en rojo. Las flechas azules indican el inicio y el final de la polea sobre la línea longitudinal media. La línea negra indica la longitud global de A1.

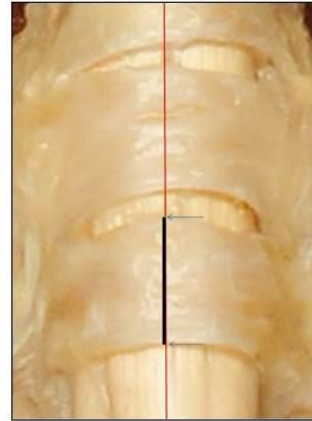


Fig 19: medición del primer anillo de A1. Las flechas azules indican el inicio y el final del primer anillo sobre la línea longitudinal media. La línea negra indica la longitud del primer anillo.

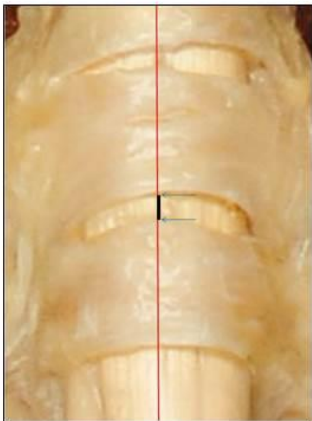


Fig 20: medición del espacio entre el primer y segundo anillo de A1. Las flechas azules indican el inicio y el final del espacio entre los anillos. La línea negra indica la longitud del espacio.

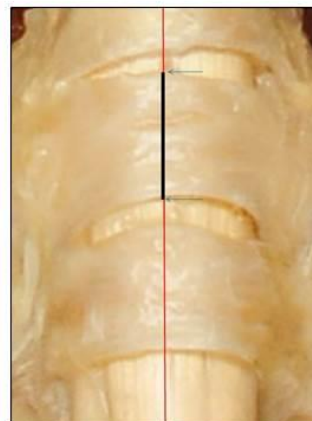


Fig 21: medición del segundo anillo de A1. Las flechas azules indican el inicio y el final del segundo anillo sobre la línea longitudinal media. La línea negra indica la longitud del segundo anillo.



Fig 22: medición de polea cruciforme (en este caso: polea C1). Las flechas azules indican el inicio y el final de C1 sobre la línea long. media. La línea negra indica la longitud global de C1.

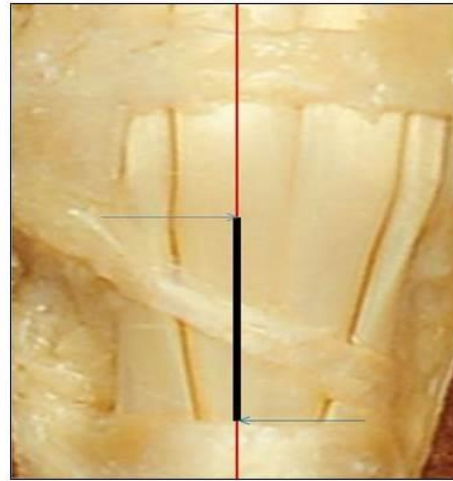


Fig 23: medición de polea cruciforme oblicua simple (en este caso: polea C1).



Fig 24: esquema de medición de una polea cruciforme ipsilateral (en este caso: C3).

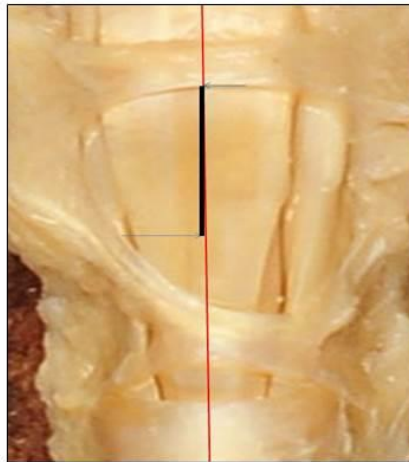


Fig 25: medición del espacio entre el final de una polea cruciforme y la siguiente polea (en este caso C1-A3). Las flechas azules indican el final de C1 y el inicio de A3 proyectados a la línea long. media. La línea negra indica la longitud de C1-A3.

3.2. PARÁMETROS ANALIZADOS:

Los 17 parámetros evaluados fueron los siguientes:

1. Distancia desde A1 hasta el pulpejo (A1-P).

Medición en mm de la longitud desde la zona más proximal del inicio de la polea A1 hasta el final del pulpejo (punta del dedo). Se realizó esta medición para tener una referencia del tamaño de cada dedo y global del canal de las poleas.

2. Polea A1.

Medición en mm de la longitud de la polea A1 desde su zona más proximal hasta la más distal. Se anotó el número de anillos que la formaban y la longitud de cada anillo y de los espacios entre ellos con el mismo sistema de medición.

3. Espacio A1-A2.

Medición en mm del espacio existente entre el borde más distal de la polea A1 y el inicio más proximal de la polea A2.

4. Polea A2.

Medición en mm de la longitud de la polea A2 desde su zona más proximal hasta la más distal.

5. Espacio A2-C1.

Medición en mm del espacio existente entre el borde más distal de la polea A1 y el inicio más proximal de la polea A2.

6. Polea C1.

Medición en mm de la longitud de la polea C1 desde su zona más proximal hasta la más distal.

7. Espacio C1-A3.

Medición en mm del espacio existente entre el borde más distal de la polea C1 y el inicio más proximal de la polea A3.

8. Polea A3.

Medición en mm de la longitud de la polea A3 desde su zona más proximal hasta la más distal.

9. Espacio A3-C2.

Medición en mm del espacio existente entre el borde más distal de la polea A3 y el inicio más proximal de la polea C2.

10. Polea C2.

Medición en mm de la longitud de la polea C2 desde su zona más proximal hasta la más distal.

11. Espacio C2-A4.

Medición en mm del espacio existente entre el borde más distal de la polea C2 y el inicio más proximal de la polea A4.

12. Polea A4.

Medición en mm de la longitud de la polea A4 desde su zona más proximal hasta la más distal.

13. Espacio A4-C3.

Medición en mm del espacio existente entre el borde más distal de la polea A4 y el inicio más proximal de la polea C3.

14. Polea C3.

Medición en mm de la longitud de la polea C3 desde su zona más proximal hasta la más distal.

15. Espacio C3-A5.

Medición en mm del espacio existente entre el borde más distal de la polea C3 y el inicio más proximal de la polea A5.

16. Polea A5.

Medición en mm de la longitud de la polea A5 desde su zona más proximal hasta la más distal.

17. Distancia desde la última polea presente hasta el pulpejo (última-P).

Medición en mm de la longitud desde el borde más distal de la última polea presente hasta el final del pulpejo.

Posteriormente todos estos datos se introdujeron en una tabla Excel (Microsoft Excel 2010) para cada una de las 48 manos. Si la polea en cuestión estaba ausente se anotó como 0 y el espacio siguiente era entre la última polea precedente y la posterior más inmediata que estuviera presente. Si no existía espacio entre las poleas en cuestión, sino que eran contiguas, se anotó como 0 mm.

Se realizó un esquema de cada dedo dibujando la forma y disposición de cada polea y espacio entre ellas (Fig 26). Se dibujó la configuración de cada polea teniendo en cuenta la forma del borde inicial y del final y posibles características especiales, como aperturas laterales, engrosamientos, adelgazamientos, etc. En las poleas anulares configuradas por varios anillos se representó la forma y disposición de los mismos y los espacios entre ellos. En las poleas cruciformes se dibujó si estaban formadas por una cruz

(representándose con una “X”), por una rama simple oblicua con dirección radial (r) o ulnar (u) (representándose con una línea oblicua y la letra “r” o “u” según su orientación radial o ulnar) o con una configuración ipsiliforme. En este caso se apuntó la localización de la rama de la cruz que estaba ausente, en los cuadrantes proximal-radial, proximal-ulnar, distal-radial y distal-ulnar, obteniendo las siguientes 6 posibilidades según el cuadrante o los cuadrantes ausentes:



Además se dibujó y anotó otras variaciones individuales del esquema clásico, como más de un anillo en poleas anulares distintas a la A1, poleas cruciformes accesorias y poleas con forma cruciforme en el sitio de una anular y viceversa.

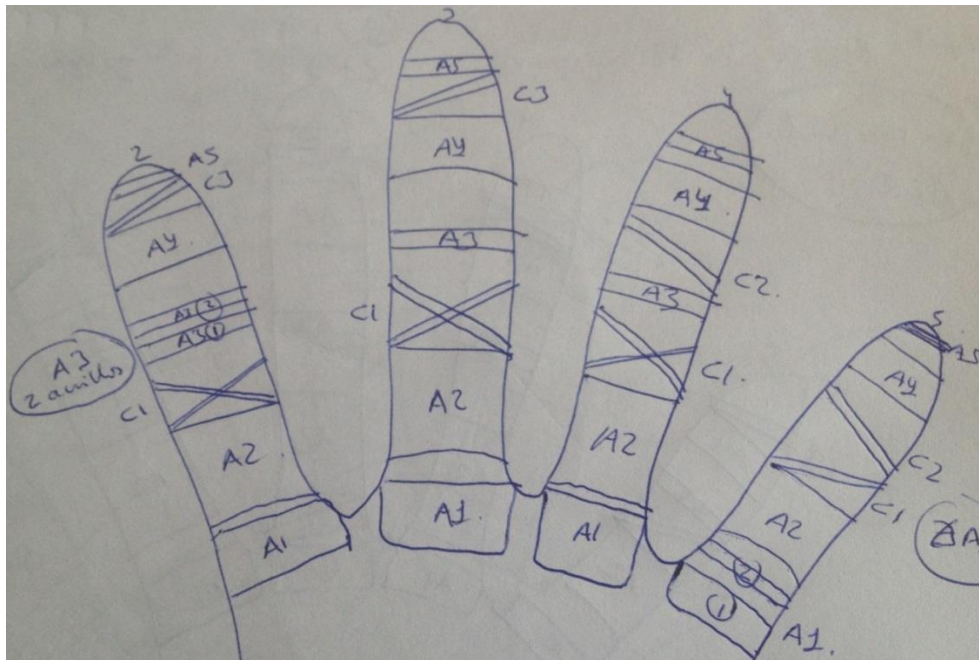


Fig 26: dibujo del esquema con la forma y disposición de las poleas de los dedos trifalángicos realizado para cada uno de los casos. El dibujo expuesto a modo de ejemplo se trata del espécimen 44L.

3.3 ESTUDIO ESTADÍSTICO:

Para el análisis estadístico se han utilizado los programas estadísticos SPSS versión 19 (<http://www-01.ibm.com/software/es/analytics/spss/>) y R (<http://cran.r-project.org/>).

De cada polea se ha analizado su porcentaje de incidencia en general y por dedo (2º a 5º) y su longitud media y rango (en general y por dedo). En el caso que exista más de un anillo, se ha calculado el número y porcentaje de cada anillo (en general y por dedo), la longitud media y rango de cada anillo y la longitud media y rango y del espacio entre anillos.

Respecto a los distintos tipos de formas de las poleas cruciformes se ha calculado el porcentaje de cada tipo, en general y por dedo.

De los espacios entre poleas se ha analizado su porcentaje de incidencia y su longitud media y rango (en general y por dedo).

El análisis de variabilidad del número de poleas se ha realizado mediante un diseño de experimentos de dos factores (mano y dedo).

El análisis de variabilidad del tamaño de cada polea se ha realizado de la siguiente forma:

- Diseño de experimentos de tres factores (mano, dedo y número de anillos).
- Contraste de hipótesis de igualdad del tamaño entre poleas. (Comparación de medidas de polea A1 con A2, A3,...) según mano, dedo o longitud total si ha salido significativo en el caso anterior.

Para los hipótesis planteadas se ha recurrido a las siguientes pruebas:

- Estadísticos descriptivos: media, mediana, moda, desviación típica, máximo-mínimo, rango y percentiles para variables cuantitativas; frecuencias absolutas y porcentajes para variables cualitativas.
- Pruebas estadísticas:
 - Kolmogorov-Smirnov para una muestra: esta prueba trata de determinar la distribución normal de diferentes variables.
 - Levene: prueba para determinar la homogeneidad de varianzas grupales dados determinados valores de una variable.
 - ANOVA: para constatar la existencia de diferencias significativas por dedo, mano y longitud total de la mano, en aquellas variables que cumplen los supuestos de homogeneidad y normalidad.
 - Test de Duncan y Scheffé: para determinar, mediante comparaciones múltiples, para qué subgrupos (dedo, mano) existen diferencias significativas.
 - Test t student de comparación de medias: para determinar si existen diferencias significativas entre el promedio de dos grupos.

De cara a la interpretación de los datos, se tendrá en cuenta que los datos estadísticamente significativos serán indicados por un asterisco (*) en caso de que el nivel de significación sea $p < 0,05$ y por dos asteriscos (**) en caso de $p < 0,01$.

A continuación presentamos una breve descripción de los test y diseños estadísticos empleados.

- **Test de Levene:**

Con el test de Levene, contrastamos:


➤ hipótesis (que llamamos hipótesis nula): la varianza del nivel 1 es igual a la varianza del nivel 2.

➤ alternativa: son diferentes.

Cuando asumimos un nivel de confianza (1- α) del 95% (es equivalente a nivel de significación $\alpha=5$) asumimos que el 5% podemos errar en la conclusión de asumir o rechazar la hipótesis nula.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

g	
12	Sig.
2	0,283
4	



a. Diseño: Intersección + Nivel 1 vs Nivel 2

En las tablas, si la significación es menor que 0.05 (el umbral lo hemos fijado en $\alpha=0.05$) entonces rechazamos la hipótesis nula y por tanto, asumimos como cierta la alternativa.

Si por el contrario, la significación es mayor que 0.1 (el umbral lo hemos fijado en $\alpha=0.05$) entonces asumimos como cierta la hipótesis nula. Cuanto más cercano a 1, más nos lleva a asumir la hipótesis nula.

Si la significación está entre 0.05 y 0.1, decimos que el test no es concluyente y deberían tomarse más datos.

Si asumimos que las varianzas son iguales, significa que los valores en el nivel 1 y el nivel 2 tiene la misma variabilidad.

- Diseño de experimentos:

En el diseño de experimentos de un factor con 2 niveles, contrastamos:

- hipótesis (que llamamos hipótesis nula): el promedio del nivel 1 es igual al promedio del nivel 2.
- alternativa: son diferentes.

Cuando asumimos un nivel de confianza (1- α) del 95% (es equivalente a nivel de significación $\alpha=5$) asumimos que el 5% podemos errar en la conclusión de asumir o rechazar la hipótesis nula.

En este caso, se asume el siguiente modelo matemático:

Variable respuesta = media global + media asociada al factor + Error aleatorio.

El valor medio, es una puntuación para todos los casos. Cuando no hay diferencias debidas al factor, asumimos que todos los casos van a obtener la misma puntuación, que será el promedio más una pequeña fluctuación que añadimos con el término del error (por eso son valores aleatorios y no siempre vamos a saber exactamente el valor agregado que va a obtener cada caso).

Para estudiar los efectos de un factor es mejor que los grupos sean homogéneos en cuanto a la variabilidad. De esa forma, podemos extraer mejor las conclusiones sobre el efecto del factor y no confundir con posibles efectos de la variabilidad.

- **Test de Kolmogorov Smirnov:**

Con esta prueba, contrastamos:

➤ hipótesis (que llamamos hipótesis nula): los datos se distribuyen como una distribución normal.

➤ alternativa: los datos se distribuyen de otra forma.

- **Test de Duncan y Scheffé:**

Son test de comparaciones múltiples. Permite comparar las medias de los niveles de un factor después de haber rechazado la Hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA. Los umbrales considerados en el test de Duncan son menores que en el test de Scheffé y, por lo tanto, es más fácil encontrar diferencias entre las medias comparadas. En estos casos, en Estadística, decimos que el Test de Scheffé es más conservador que el Test de Duncan o que tiene menor potencia.

4. RESULTADOS

Se ha realizado la disección de 192 dedos trifalángicos de 48 manos completas. En 25 casos (52%) se trataba de especímenes izquierdos y en 23 casos (48%) eran especímenes derechos.

A continuación se exponen los resultados de los parámetros anatómicos estudiados. Esta exposición se ha realizado en cada apartado de la siguiente forma: primero se hace referencia a la incidencia de la polea o del espacio, a continuación se describe y analiza la forma del elemento anatómico en cuestión y por último se trata su longitud. Todos estos datos son expuestos respecto al dedo y a la mano en que se localizan.

Posteriormente hay un apartado sobre los patrones digitales del estudio y para finalizar las 3 hipótesis y los diseños de experimentos contruidos para analizarlas.

4.1 DISTANCIA DESDE EL INICIO DE A1 HASTA EL FINAL DEL PULPEJO:

La distancia media en el 2º dedo fue de 86.7 mm, en el 3er dedo de 97.06 mm, en el 4º de 92.79 mm y en el 5º dedo de 73.56 mm. Así, el 3er dedo fue el más largo, seguido del 4º, 2º y 5º (Anexo: tabla 3).

4.2 POLEA A1:

Se ha encontrado presente en los 192 dedos estudiados, luego tiene una incidencia del 100%. Se trata de una polea con configuración anular, en la zona palmar de la articulación metacarpofalángica. Su parte inicial se

origina de la placa palmar de la MF y su parte distal se inserta en la zona proximal de la cara volar de la primera falange.

Su variabilidad en forma de anillos o “semianillos” ha sido amplia, pudiendo estar configurada por 1, 2, 3 ó 4 anillos. Un anillo desde el punto de vista anatómico se trata de una banda anular, que se diferencia claramente por su disposición y forma como una estructura individual y que puede estar separado por un pequeño espacio de los otros anillos y/o de la siguiente polea o estar dispuesto de forma consecutiva sin espacio entre las estructuras de alrededor. En 123 dedos (64.1%) estaba formada por 1 solo anillo (Fig 27a), en 50 dedos (26%) estaba configurada por 2 anillos (Fig 27b), en 16 casos (8.3%) lo estaba por 3 anillos (Fig 27c) y en 3 casos (1.6%) se han encontrado la presencia de 4 anillos (Fig 28) (Anexo: tabla 4).

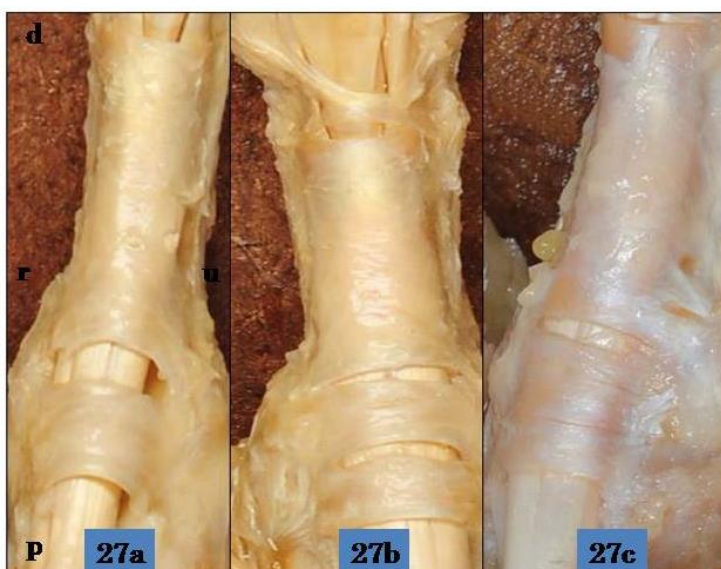


Fig 27: 27a: polea A1 con un anillo. 27b: polea A1 con dos anillos. 27c: polea A1 con tres anillos. Además se visualiza la polea A2 en los tres casos y la polea C1 en 27b. p: proximal, d: distal, r: radial, u: ulnar.

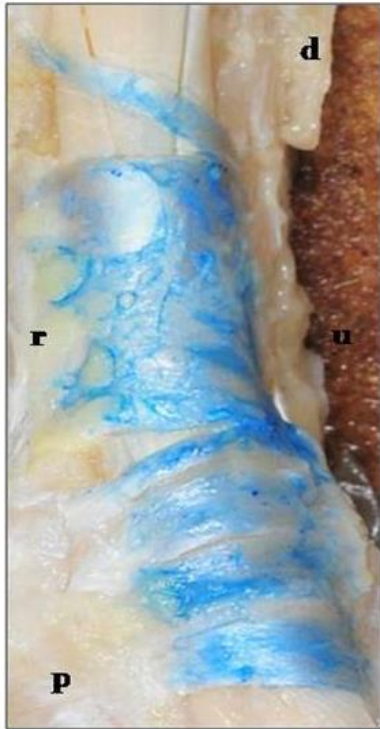


Fig 28: polea A1 con 4 anillos. Además aparecen la polea A2 y la polea C1 con forma oblicua simple radial. Poleas pintadas con solución de azul de metileno.
 p: proximal, d: distal, r: radial, u: ulnar.

La longitud media de A1 en global, es decir con todos los anillos que la forman, fue de 8.7 mm (tabla 5 del Anexo). Teniendo en cuenta el dedo en el que se encuentra, la longitud media en el 2º dedo fue de 9.68 mm, en el 3er dedo de 9.49 mm, en el 4º de 8.4 mm y en el 5º dedo de 7.26 mm (Anexo: tabla 6).

El histograma de frecuencias para la longitud de A1 en global muestra un patrón normal, que se corrobora con el test de Kolmogorov-Sminroff (se puede asumir que la longitud de A1 sigue un patrón normal, p-valor 0.395) (Fig 29 y Anexo: tabla 7).

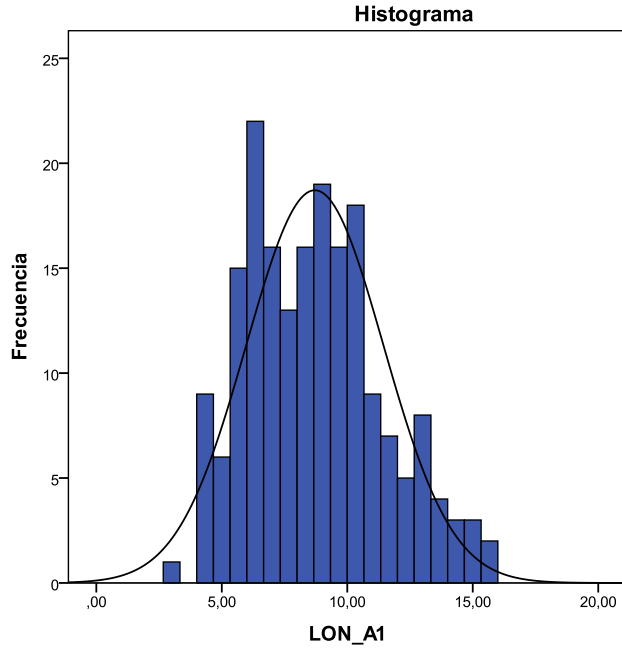


Fig 29: Histograma de frecuencias para la longitud de A1 en global.

En los 123 casos que la polea A1 estaba formada por 1 solo anillo, la longitud media fue de 8.32 mm (Anexo: tabla 8). Teniendo en cuenta el dedo, 30 casos aparecieron en el segundo dedo, 35 casos en el tercer dedo, 35 casos en el cuarto dedo y 23 casos en el quinto dedo. La probabilidad de que la polea A1 tenga un anillo en el segundo dedo era de 62.5%, en el tercero y en el cuarto de 72.92% y en el quinto de 47.92%. La longitud por dedo de este anillo aparece expresada en la tabla 9 del Anexo.

En los 50 casos que la polea A1 estaba formada por 2 anillos, el primer anillo tuvo una longitud media de 5.27 mm y el segundo anillo de 3.84 mm (Anexo: tablas 10 y 11). Teniendo en cuenta el dedo, 12 casos aparecieron en el segundo dedo, 8 casos en el tercer dedo, 11 casos en el cuarto dedo y 9 casos en el quinto dedo. Por lo tanto, la probabilidad de que la polea A1 tenga dos anillos en el segundo dedo fue de 25%, en el tercero de

16.67%, en el cuarto de 22.92% y en el quinto de 39.58%. La longitud por dedo del primer y segundo anillo aparece expresada en las tablas 12 y 13 del Anexo respectivamente. El espacio entre los anillos tenía una longitud media de 1.37 mm (rango: 0.27 mm-5.05 mm sin tener en consideración los casos cuya distancia entre ambos anillos era nula) (Anexo: tabla 14). No existió espacio en 14 casos (28%), estando los 2 anillos dispuestos de forma consecutiva. La distancia entre el primer y segundo anillo por dedo aparece expresada en el Anexo: tabla 15.

En los 16 casos que la polea A1 estaba constituida por 3 anillos, el primer anillo tuvo una longitud media de 3.49 mm, el segundo anillo de 3.49 mm y el tercer anillo de 2.78 mm (Anexo: tabla 16). Teniendo en cuenta el dedo, 5 casos aparecieron en el segundo dedo, 4 casos en el tercer dedo, 2 casos en el cuarto dedo y 5 casos en el quinto dedo. La probabilidad de que la polea A1 tenga tres anillos en el segundo dedo fue de 10.42%, en el tercero de 8.3%, en el cuarto de 4.17% y en el quinto de 10.42%. La longitud por dedo de cada uno de los anillos aparece expresada en las tablas 17 a 19 del Anexo. El espacio entre el primer y segundo anillo en global tenía una longitud media de 1.22 mm y no existió en 5 casos, mientras que el espacio entre el segundo y tercer anillo en global tuvo una longitud media de 0.86 mm y no apareció también en 5 casos (Anexo: tablas 20 y 21). La longitud del espacio por dedo entre cada uno de los anillos en los casos que la polea A1 está formada por tres anillos aparece expresada en las tablas 22 y 23 del Anexo.

En los 3 casos que la polea A1 estaba constituida por 4 anillos, el primer anillo tenía una longitud media de 3.94 mm, el segundo anillo de

2.76 mm, el tercer anillo de 2.49 mm y el cuarto anillo de 2.36 mm (Anexo: tabla 24). Teniendo en cuenta el dedo, un caso apareció en el segundo dedo, otro en el tercero y otro en el quinto, y ningún caso apareció en el cuarto dedo. La probabilidad de que la polea A1 tenga cuatro anillos en el segundo, tercero y quinto dedo fue de 2.08%, mientras que en el cuarto dedo no existió esta posibilidad. El espacio entre el primer y segundo anillo tenía una longitud media de 1.28 mm y no existió en un caso, el espacio entre el segundo y tercer anillo tenía una longitud media de 0.91 mm y no existió en el mismo caso y el espacio entre el tercer y cuarto anillo tuvo una longitud media de 0.75 mm y no existió en el mismo caso. El caso que presentó los cuatro anillos consecutivos sin espacio entre los mismos fue en segundo dedo (Anexo: tablas 25 a 27).

Si se tiene en cuenta la mano en conjunto con sus cuatro dedos trifalángicos, hubo 13 casos (27%) en los que las cuatro poleas A1 tenían solamente un anillo y 4 casos (8.3%) en los que todas las poleas A1 tenían más de un anillo (Fig 30). En uno de estos cuatro casos, todas las poleas A1 tenían 2 anillos (caso 43).



Fig 30: mano con poleas A1 con más de un anillo.

4.3 ESPACIO ENTRE POLEA A1 Y A2:

El inicio de la polea A2 está formado por un conjunto de fibras arciformes que se entrecruzan en la zona media configurando una disposición gruesa semicircular característica que lo diferencia claramente del final de la polea A1 (Fig 31). En 157 casos (81.8%) existió espacio entre A1 y A2, con una longitud media de 2.76 mm, mientras que en 35 casos (18.2%) no existió espacio y dichas poleas estaban dispuestas de forma consecutiva (Fig 32) (Anexo: tabla 28).



Fig 31: inicio arqueado característico de la polea A2.



Fig 32: poleas A1, A2 y C1 sin espacio entre ellas.

Teniendo en cuenta el dedo, el espacio entre A1 y A2 en el segundo dedo apareció en el 22.92% con una longitud media de 2.93 mm, en el tercer dedo en el 23.56% con una longitud media de 2.65 mm, en el cuarto dedo en el 26.11% con una longitud media de 2.42 mm y en el quinto dedo en el 27.38% con una longitud media de 3.07 mm (Anexo: tabla 29). Los 35 casos en los cuales las poleas A1 y A2 presentaban una disposición continua se distribuyen por dedo según se representa en la tabla 30 del Anexo.

4.4 POLEA A2:

La polea A2 se encontró presente en los 192 casos, por lo tanto su presencia fue constante. Su configuración también fue constante y característica, con un inicio arciforme formado por fibras gruesas cruciformes que se originan a ambos lados de la zona proximal y volar de la

primera falange. Presenta amplias aperturas laterales en su zona proximal (Fig 33), posteriormente una zona media larga con configuración anular y un final ortogonal al eje longitudinal del dedo, de mayor grosor que el resto, que lo hace muy fácilmente identificable (Fig 34). En todos los casos está formada por un solo anillo de estas características que recubre una amplia zona del canal digital en la parte proximal y media de la primera falange.

Su longitud media fue de 15.93 mm. Teniendo en cuenta el dedo, en el segundo dedo tuvo una longitud media de 15.69 mm, en el tercer dedo de 19.07 mm, en el cuarto dedo de 17.54 mm y en el quinto dedo de 11.45 mm (Anexo: tablas 31 y 32).

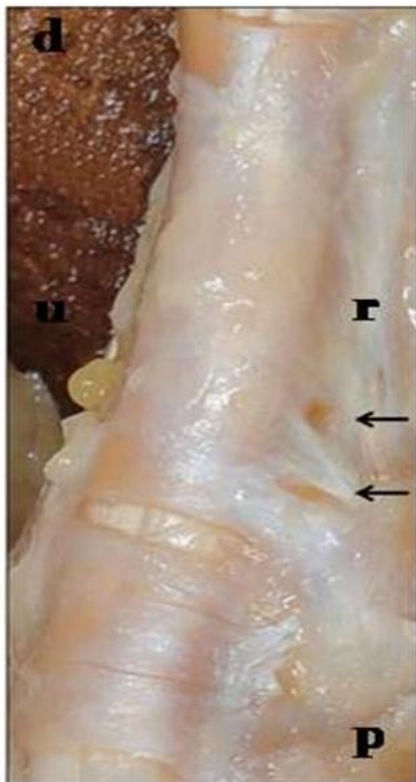


Fig 33: aperturas laterales (flechas negras) en la parte proximal de A2.



Fig 34: configuración anatómica de la polea A2 con el engrosamiento en la parte final característico. Además polea C1 oblicua simple ulnar.

4.5 ESPACIO ENTRE POLEA A2 Y C1:

Como se ha comentado anteriormente el final de la polea A2 es fácilmente identificable por ser ortogonal al eje y tener un aumento del grosor y el inicio C1 se diferencia claramente del final de la polea A2 por estar formado por fibras oblicuas que se originan del borde lateral (Fig 34).

En 145 casos (75.5%) existió polea C1. Dentro de éstos hubo 128 casos (88.3%) en los que no existió espacio entre la polea A2 y C1, habiendo continuidad entre ellas. En 17 casos (11.7%) existió espacio entre la polea A2 y la polea C1, teniendo una longitud media de 5.96 mm (Fig 35) (Anexo: tabla 33). Teniendo en cuenta el dedo, el espacio entre A2 y C1 en el segundo dedo apareció en el 35.29% con una longitud media de 0.96 mm, en el tercer dedo en el 35.29% con una longitud media de 2.21 mm, en el cuarto dedo en el 23.52% con una longitud media de 1.08 mm y en el quinto dedo en el 6% con una longitud media de 0.67 mm (Anexo: tabla 34). Dentro de los 128

casos que tenían una disposición continua entre las poleas A2 y C1, la distribución por dedo aparece expresada en la tabla 35 del Anexo.



Fig 35: gran espacio (izquierda) y pequeño espacio (derecha) entre poleas A2 y C1.

En 47 casos no existió polea C1, por lo que en estos casos el espacio fue entre la polea A2 y la siguiente polea existente: 42 casos de espacio entre A2 y A3 (Fig 36), con una longitud media de 10.72 mm (Anexo: tabla 36); 5 casos de espacio entre A2 y A4 (Fig 37) (Anexo: tabla 37), con una longitud media de 17.93 mm (dos segundos dedos, casos 15 y 46, y tres quintos dedos, casos 6, 19 y 46) y ningún caso de espacio entre A2 y C2.

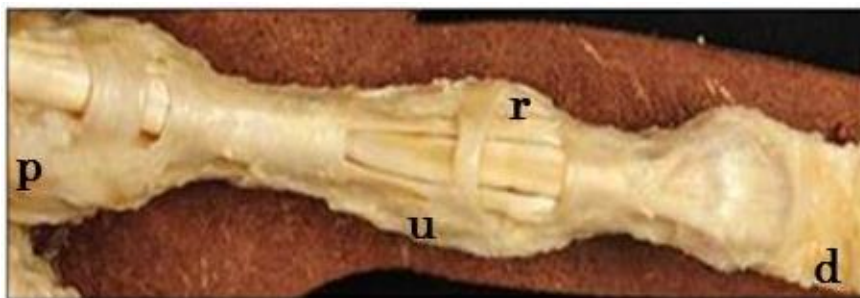


Fig 36: espacio entre A2 y A3 (ausencia de poleas C1, C2 y A5).

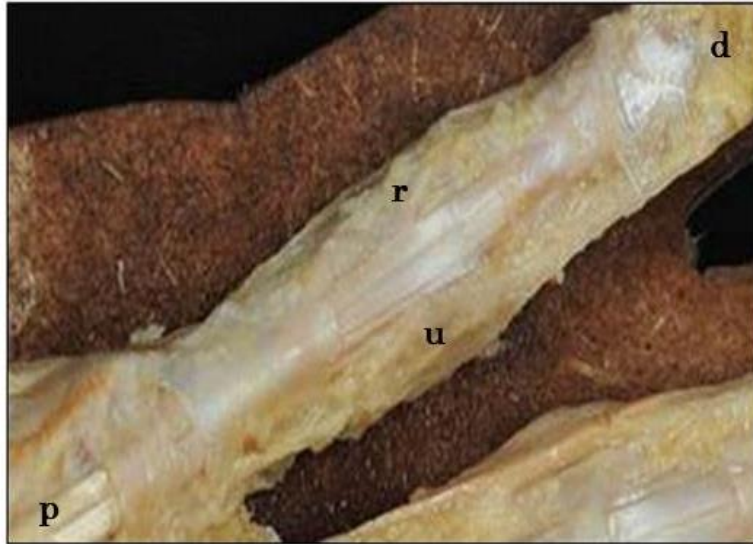


Fig 37: espacio entre A2 y A4 (ausencia de poleas C1, A3, C2 y C3).

4.6 POLEA C1:

La polea C1 se ha encontrado presente en 145 casos (75.52%), mientras que está ausente en 47 casos (24.48%). Su longitud media global ha sido 7.82 mm (Anexo: tabla 38). La probabilidad de que la polea C1 existe en el segundo, tercer y cuarto dedo es de un 77.08% y en el quinto dedo de 70.83%. La longitud y su distribución aparecen expresadas en la tabla 39 del Anexo.

Se trata de una polea cruciforme con una configuración variable que se encuentra en el tercio distal de la primera falange. En 59 casos (40.7%) estaba formada por dos bandas oblicuas entrecruzadas en forma de cruz (Fig 38), en 77 casos (53.1%) por una sola banda oblicua (19.3% orientación radial y 33.8% orientación ulnar) (Fig 34) y en 4 casos (2.75%) con forma ipsiliforme (2 casos en el que faltaba el cuadrante proximal radial: segundo dedo del caso 23 y tercer dedo del caso 34; 2 casos en el que faltaban los dos cuadrantes proximales: cuarto dedo del caso 24 y segundo dedo del caso 38)

(Fig 39). Ha habido 5 casos con una configuración inusual: en 2 casos estaba formada por dos poleas cruciformes separadas como si se tratase de dos anillos, en un caso estaba formada por una cruz seguida de una oblicua simple ulnar (segundo dedo del caso 12) (Fig 40), en otro caso estaba formada por dos oblicuas simples ulnares (quinto dedo del caso 21) y existió otro caso (cuarto dedo del caso 21) en el que ha aparecido una polea con configuración anular en el teórico sitio de la polea C1 (Fig 41) (tabla 40).

	Frecuencia	Porcentaje
X	59	40,7
SU	49	33,8
SR	28	19,3
Y	2	1,4
V	2	1,4
OTRAS	5	3,4
Total	145	100,0

Tabla 40: tipos de polea C1 en general. X: cruciforme, SU: oblicua simple ulnar, SR: oblicua simple radial, Y: ipsiliforme con ausencia del cuadrante proximal radial, V: ausencia de los dos cuadrantes proximales.

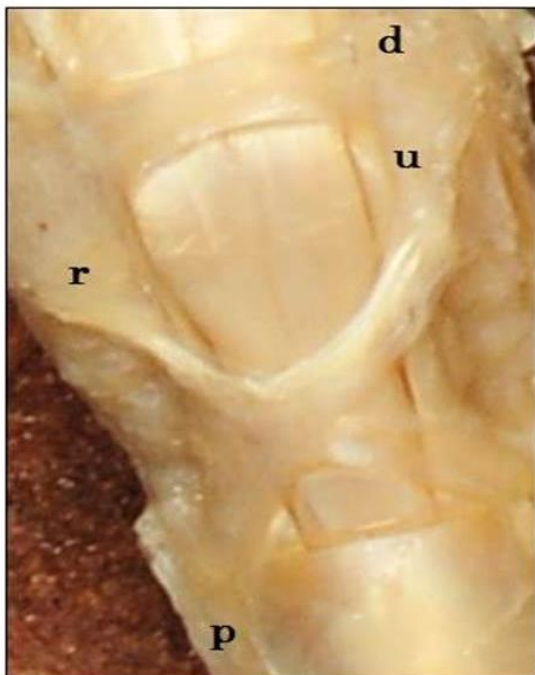


Fig 38: polea C1 con configuración cruciforme. Además se visualiza el final de la polea A2 y la polea A3.

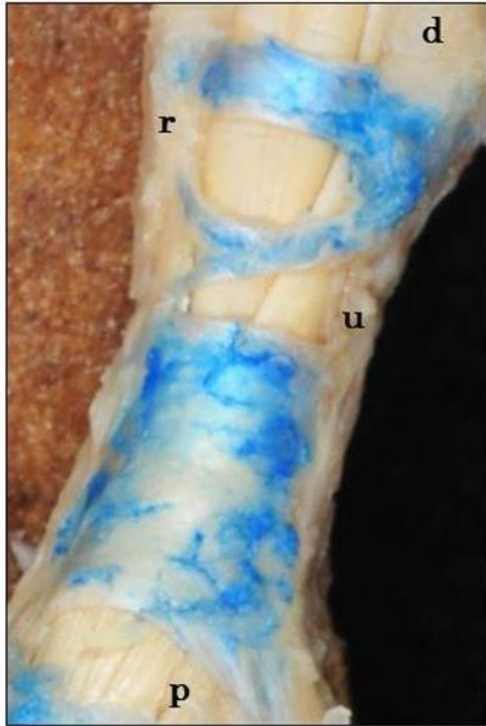


Fig 39: polea C1 con configuración ipsilateral (ausencia del cuadrante proximal ulnar). Además se observa su relación con la polea A2 y A3. El tejido retinacular se encuentra pintado con solución de azul de metileno.



Fig 40: polea C1 formada por una cruciforme seguida de una oblicua simple. Además se visualiza la polea A1 formada por 2 anillos y la polea A2.

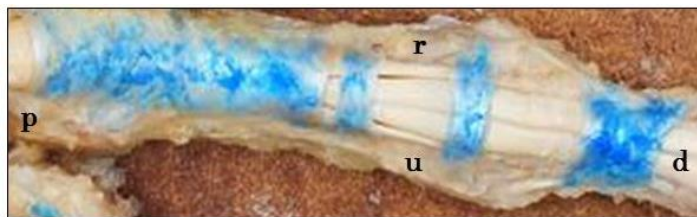


Fig 41: polea C1 con configuración anular. Además se visualiza las poleas A1 y A2 contiguas, la polea A3 y la polea A4.

Dentro de los casos existentes, la configuración entrecruzada apareció con una probabilidad de un 51.4% en el segundo dedo, un 45.9% en el tercer

dedo, un 40.5% en el cuarto dedo y un 17.6% en el quinto dedo. La configuración oblicua simple se ha dado en un 40.5% en el segundo dedo, un 48.6% en el tercer dedo, un 48.6% en el cuarto dedo y un 76.5% en el quinto dedo.

La distribución por dedo de los 47 casos que no existió la polea C1 aparece representada en la tabla 41 del Anexo.

Teniendo en cuenta la mano, han existido 3 manos (6.25%) con los cuatro dedos de la misma mano sin polea C1.

4.7 ESPACIO ENTRE POLEA C1 Y A3:

Este espacio se localiza entre el tercio distal de la falange proximal hasta la articulación interfalángica proximal. El final de la polea C1 es muy variable dependiendo de su configuración, como se ha mencionado anteriormente, y el inicio de la polea A3 es fácilmente identificable al coincidir con la IFP y ser ortogonal al eje longitudinal del dedo (Fig 38).

Dentro de los 131 casos en los que existió a la vez la polea C1 y la polea A3, hubo 21 casos (12.14%) en los que no existió espacio entre la polea C1 y A3, existiendo continuidad entre ellas y 110 casos (83.96%) en los que existió espacio entre ambas poleas, teniendo una longitud media de 4.05 mm (Anexo: tabla 42).

Teniendo en cuenta el dedo, la distancia y distribución del espacio entre C1 y A3 aparecen representadas en la tabla 43 del Anexo.

Los 21 casos que presentaron una disposición continua entre las poleas C1 y A3 se distribuyen por dedo según se indica en la tabla 44 del Anexo.

Ha habido 14 casos en los que existiendo polea C1 no había polea A3, por lo que en estos casos el espacio ha sido entre la polea C1 y la siguiente polea existente: 4 casos de espacio entre C1 y C2 (Anexo: tabla 45) y 10 casos de espacio entre C1 y A4 (Anexo: tabla 46).

4.8 POLEA A3:

Se ha encontrado presente en 173 dedos (90.1%), luego tiene un 9.9% de ausencia. Se trata de una polea con configuración anular, más fina y corta que las anteriores poleas anulares, en la zona palmar de la IFP. Su origen procede en su totalidad de la placa palmar de esta articulación. Los bordes inicial y final son ortogonales al eje, iguales en forma, fácilmente identificables, sin engrosamiento y sin mezclarse sus fibras con las poleas vecinas.

Su variabilidad en forma de anillos ha sido pequeña. En 170 casos (88.5%) estaba configurada por un solo anillo (Fig 38) y en 3 casos (1.6%) por 2 bandas anulares (Fig 42).

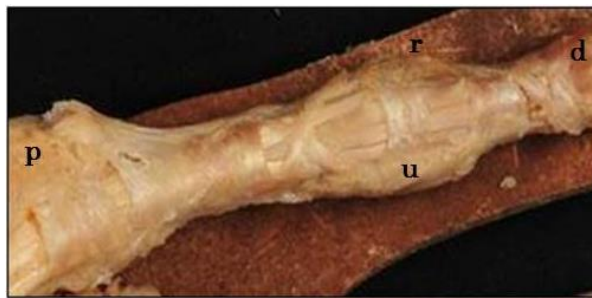


Fig 42: polea A3 formada por dos anillos. Además se visualiza las poleas A1, A2, C1 cruciforme, A4, C3 oblicua simple ulnar y A5.

La longitud media de A3 en global, es decir con todos los anillos que la forman, ha sido de 3.22 mm (Anexo: tabla 47). Teniendo en cuenta el dedo en el que se encuentran, su aparición y longitud están indicadas en la tabla 48 del Anexo.

En los 170 casos que la polea A3 estaba formada por 1 solo anillo, la longitud media fue de 3.20 mm (Anexo: tabla 49). Teniendo en cuenta el dedo, la probabilidad de que esta polea estuviese formada por un anillo en el segundo dedo es de 85.42%, en el tercer y cuarto dedo de 97.92% y en el quinto dedo de 72.92% (Anexo: tabla 50).

Los 3 casos (especímenes 8, 32 y 44) en los que la polea A3 estaba formada por 2 anillos, se han localizado en el segundo dedo. Por tanto, tratándose de un segundo dedo la probabilidad de que la polea A3 tuviese 2 anillos fue de 6.25%, mientras que esta variabilidad no se ha observado en los demás dedos. El primer anillo tenía una longitud media de 2.57 mm (rango: 2.12 mm-3.17 mm) y el segundo anillo de 1.64 mm (rango: 0.86 mm-2.78 mm). En los tres casos había un pequeño espacio entre los anillos con una longitud media de 0.73 mm (rango: 0.33 mm-0.95 mm).

Dentro de los 19 casos en los que la polea A3 no existía (Fig 43), en 13 casos se trataba del quinto dedo, 4 casos del segundo dedo, 1 caso del tercer dedo y 1 caso del cuarto dedo. Por tanto, la probabilidad de que la polea A3 no existiese en el segundo dedo fue de 8.3%, en el tercer y cuarto dedo de 2.08% y en el quinto dedo de 27.08%. Ha sido un hallazgo localizado solo en

un dedo en 12 manos, mientras que ha habido 2 manos que lo presentaban en dos dedos (segundo y quinto) y una mano que lo presentaba en tres dedos (segundo, cuarto y quinto).

En los casos en que la polea A3 estaba ausente, el patrón de poleas vecinas existentes ha sido en 10 casos las poleas C1 y A4, en 5 casos las poleas A2 y A4 y en 4 casos las poleas C1 y C2. En 4 casos además de la ausencia de la polea A3, no existía ninguna polea cruciforme.



Fig 43: ausencia de polea A3 con presencia de C1 y C2. Además se visualiza polea A1 con 2 anillos y poleas A2, A4 y A5. Ausencia de C3.

4.9 ESPACIO ENTRE POLEA A3 Y C2:

Este espacio se localiza en el tercio proximal de la falange media, comenzando justo distal a la IFP. El final de la polea A3, como se ha mencionado anteriormente, constante en su forma, recto y ortogonal al eje, y el inicio de la polea C2 formado por fibras oblicuas, lo hacen fácilmente identificable cuando existe (Fig 44).

La polea C2 solo ha existido en 26 casos (13.5%). Dentro de éstos, en 15 casos (68.2%) existía espacio entre las poleas A3 y C2 y su longitud media aparece representada en la tabla 51 del Anexo. La aparición y longitud del

espacio entre A3 y C2 teniendo en cuenta el dedo aparece representada en la tabla 52 del Anexo.

No existió espacio, presentando una disposición continua entre las poleas A3 y C2, en 7 casos (31.8%): un caso en el segundo dedo, tres en el tercer dedo, dos en el cuarto dedo y uno en el quinto dedo.



Fig 44: pequeño espacio entre polea A3 y C2 oblicua radial. Además se visualiza poleas A1, A2, C1 cruciforme, A4 y A5. Única polea ausente: C3.

Como la polea C2 no apareció en 166 casos y la polea A4 siempre está presente, el espacio existente en esta zona en la mayoría de los casos (151 casos) fue entre la polea A3 y la polea A4 (Fig 45), con una longitud media de 7.87 mm (Anexo: tabla 53).



Fig 45: ausencia de C2 con espacio entre A3 y A4. Además se visualiza polea A1 con 2 anillos, A2, C1 cruciforme, C3 simple radial y A5.

Dentro de los casos que no existió la polea A3, hubo 10 casos de espacio entre las poleas C1 y A4 (Fig 46 y Anexo: tabla 54), 5 casos de

espacio entre las poleas A2 y A4 (Fig 37 y Anexo: tabla 55) y 4 casos de espacio entre las poleas C1 y C2 (Fig 43 y Anexo: tabla 56).



Fig 46: espacio C1-A4 por ausencia de las poleas A3 y C2. Se aprecia además la presencia de A1, A2 y A5.

4.10 POLEA C2:

La polea C2 se encontró presente en 26 casos (13.5%), mientras que estaba ausente en 166 casos (86.5%). Se localizó en el tercio proximal de la segunda falange a escasos milímetros de la IFP.

Su longitud media global y por dedo aparecen indicadas en las tablas 57 y 58 del Anexo respectivamente. La probabilidad de que la polea C2 existiese en el segundo dedo fue de 14.58%, en el tercer dedo de 20.83%, en el cuarto dedo de 8.33% y en el quinto dedo de 10.42%.

Se trató de una polea cruciforme con una configuración poco variable. En 19 casos estaba formada por una sola banda oblicua de orientación ulnar, en 6 casos por una sola banda oblicua de orientación radial (Fig 44) y en 1 caso por 2 bandas anulares en el teórico sitio de una polea cruciforme (2º dedo del caso 16) (Fig 47 y tabla 59). La presencia según cada dedo está

indicada en la tabla 60 del Anexo. No se ha encontrado ningún caso con forma cruciforme ni ipsiliforme.

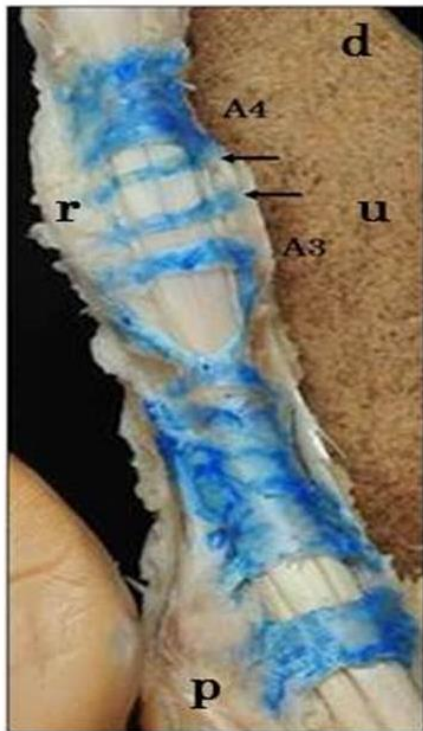


Fig 47: polea C2 formada por dos bandas anulares (flechas).

	Frecuencia	Porcentaje
Otros	1	3.85
SR	6	23.1
SU	19	73.07
Total	26	100.0

Tabla 59: frecuencia y porcentaje de aparición de la polea C2 en global.

En los 166 casos que no se detectó la presencia de la polea C2, 41 casos han sido en el segundo dedo, 38 casos en el tercer dedo, 44 casos en el cuarto dedo y 43 casos en el quinto dedo. Por lo tanto, la probabilidad de que la polea C2 no existiese en el segundo dedo fue de 85.42%, en el tercero de 79.17%, en el cuarto de 91.67% y en el quinto de 89.58%.

Teniendo en cuenta la mano en global, han existido 29 manos (60.42%) que en los cuatro dedos de la misma mano estaba ausente la polea C2 (Fig 48). Dentro de éstas, hubo 17 manos en las que la polea C2 era la única polea que no existía en los cuatro dedos a la vez, mientras que en 12 manos esa ausencia se veía acompañada de la ausencia de otras poleas: en una mano faltaban C1 y C2, en cinco manos C2 y C3, en dos manos C2 y A5, en tres manos C2, C3 y A5 y en una mano C1, C2 y A5.



Fig 48: ausencia de polea C2 en los cuatro dedos de la mano.

4.11 ESPACIO ENTRE POLEA C2 Y A4:

Este espacio se ha localizado en el tercio proximal de la segunda falange. El final de la polea C2 ha sido variable dependiendo de su

configuración, como se ha mencionado anteriormente, y el inicio de la polea A4 fue fácilmente identificable al ser una polea anular constante, gruesa, con un borde proximal ortogonal al eje longitudinal del dedo o ligeramente arqueado (Fig 44).

La presencia de la polea A4 fue constante, por lo que este espacio depende de la existencia de las poleas precedentes. En los 26 casos que ha existido la polea C2, hubo 14 casos sin espacio entre C2 y A4 por estar contiguas (3 segundos dedos, 7 terceros dedos, 1 cuarto dedo y 3 quintos dedos) (Fig 49). En los 12 casos restantes la distancia media fue de 3.26 mm (rango: 1.46 mm-5.25 mm). Teniendo en cuenta el dedo, el espacio entre C2 y A4 en el segundo dedo apareció en 4 casos con una longitud media de 2.27 mm (rango: 1.46 mm-3.66 mm), en el tercer dedo en 3 casos con una longitud media de 4.87 mm (rango: 4.62 mm-5.25 mm), en el cuarto dedo en 3 casos con una longitud media de 3.18 mm (rango: 2.05 mm-4.89 mm) y en el quinto dedo en 2 casos con una longitud de 1.69 mm y 4.42 mm respectivamente.



Fig 49: espacio C2 y A4 de 0 mm. Además se visualiza la presencia de poleas A1 (3 anillos), A2, C1 (SR) y A5. Ausencia de poleas A3 y C3.

La polea C2 no ha existido en 166 casos (86.5%), por lo que en estos casos el espacio estuvo formado en 151 casos por A3-A4 con una longitud

media de 7.87 mm (Anexo: tabla 61) (Fig 41 y 45), en 10 casos por C1-A4 con una longitud media de 11.69 mm (Anexo: tabla 62) (Fig 46) y en 5 casos por A2-A4 con una longitud media de 17.93 mm (Anexo: tabla 63) (Fig 37).

4.12 POLEA A4:

La polea A4 se encontró presente en los 192 casos, por lo tanto su presencia ha sido constante. Estaba formada por un solo anillo grueso fácilmente identificable que recubre una amplia zona del canal digital en la parte media de la segunda falange. Su configuración a nivel proximal y distal es variable. El borde proximal ha sido recto ortogonal al eje o ligeramente arciforme con fibras oblicuas que se originan a ambos lados y se entrecruzan en la parte media. La forma del borde distal fue más variable, pudiendo ser ortogonal recto de fácil identificación, o terminar en forma de cruz u oblicuo hacia radial o ulnar, siendo una zona de difícil identificación con la polea C3 (Fig 50). En ocasiones el tercio distal de la polea A4 estaba formado por fibras en forma de cruz como si se solapase o estuviese impresa una polea cruciforme (Fig 51).

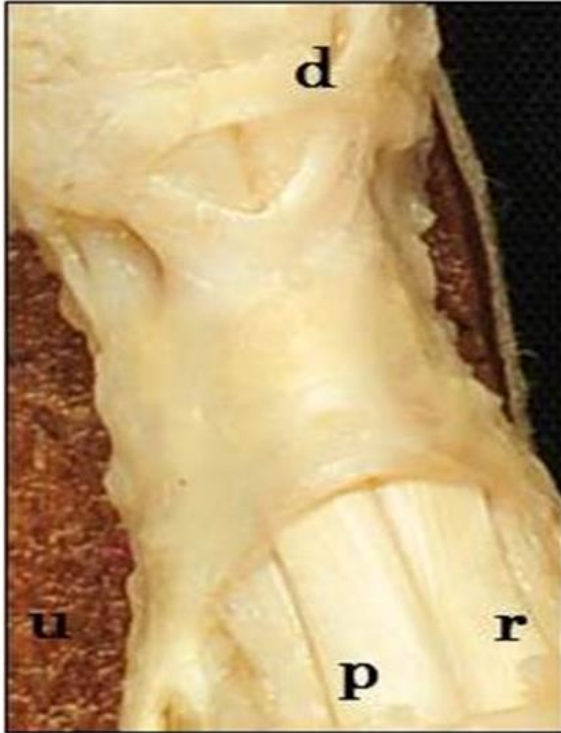


Fig 50: polea A4, C3 y A5. Nótese la formación de C3 por proyecciones cruciformes procedentes de la A4.



Fig 51: polea A4 con la impresión de tener solapada la polea C3 en la mitad distal.

La longitud global y por dedo está indicada en las tabla 64 y 65 del Anexo respectivamente.

4.13 ESPACIO ENTRE POLEA A4 Y C3:

El final de la polea A4 ha tenido una configuración variable: ortogonal recto, oblicuo hacia radial o ulnar, arciforme y cruciforme. En ocasiones ha

sido difícil la distinción con la polea C3, sobretodo en los casos con terminación oblicua o cruciforme.

La polea C3 se ha identificado en 76 casos. Dentro de éstos hubo 72 casos (94.74%) en los que no existió espacio entre la polea A4 y C3, habiendo continuidad entre ellas (Fig 50). En 4 casos existió espacio entre la polea A4 y la polea C3, teniendo una longitud media de 2.04 mm (rango 0.68 mm-3.62 mm). De estos cuatro casos con espacio, tres se dieron en un cuarto dedo y uno en un quinto.

En los 116 casos (60.4%) que no existió la polea C3, el espacio fue entre la polea A4 y la polea A5 o el final de la porción retinacular del canal digital en los casos en que no existía A5. Hubo 54 casos de existencia de la polea A5 que coincidían con la ausencia de la polea C3. Dentro de éstos había espacio entre A4 y A5 en 48 casos con una longitud media de 2.88 mm (Fig 49) (Anexo: tabla 66). En 6 casos no hubo espacio estando las poleas en continuidad.

El borde distal de la polea A4 representó el final de la porción retinacular del canal digital en 60 dedos (31.25%) quedando a una longitud media de la punta del pulpejo de 29.20 mm (Fig 48: quinto dedo) (Anexo: tabla 67). La longitud de este espacio y su distribución por dedo de estos casos aparecen indicadas en la tabla 67(a) y 67(b) del Anexo.

Considerando la mano, la A4 fue la última polea en 3 manos (6.25%) en todos los dedos trifalángicos (Fig 52) y en 7 manos (11.67%) en tres de los cuatro dedos.



Fig 52: ausencia global en toda la mano de las poleas C2, C3 y A5.

4.14 POLEA C3:

La polea C3 se encontró presente en 76 casos (39.6%). Como se ha comentado anteriormente la polea C3 se ha localizado en una zona en la que identificarla como una polea aislada o como parte del final de la polea A4 era difícil de decidir (Fig 50 y 51).

Dentro de los 76 casos en los que apareció, se distribuyó por dedo de la siguiente manera: 21 casos en el segundo, 26 casos en el tercero, 21 casos en el cuarto y 8 casos en el quinto dedo. La probabilidad de que la polea C3 existiese en el segundo dedo ha sido de 43.75%, en el tercer dedo de 54.17%, en el cuarto dedo de 43.75% y en el quinto dedo de 16.67%. Su longitud media en global y por dedo aparecen representadas en las tablas 68 y 69 del Anexo respectivamente.

Se trató de una polea cruciforme con una configuración variable en el tercio distal de la segunda falange. Los 76 casos estuvieron formados por una única estructura con forma cruciforme, oblicua simple o ipsiliforme. En 21 casos (27.6%) estuvo formada por dos bandas oblicuas entrecruzadas en forma de cruz (Fig 50), en 48 casos (63.2%) por una sola banda oblicua (11 orientación radial y 37 orientación ulnar) (Fig 48: segundo y tercer dedo), en 7 casos (8.86%) con forma ipsiliforme: 5 casos con forma de Y (4 casos en los que faltaban el cuadrante proximal ulnar y 1 caso el cuadrante proximal radial) (Fig 53), 1 caso en el que faltaba el cuadrante distal radial y 1 caso con forma de V en el que faltaban los dos cuadrantes proximales (tabla 70). En ningún caso ha tenido forma anular ni ha estado formada por más de una banda separada. La distribución por dedo de los diferentes tipos de la polea C3 aparece representada en la tabla 71 del Anexo.

TIPOS C3	Frecuencia	Porcentaje
SU	37	48,7
SR	11	14,47
X	21	27,6
Y	5	6,58
V	1	1,16
LAMBDA	1	1,16
Total	76	100,0

Tabla 70: distribución en global de las diferentes formas anatómicas de la polea C3.

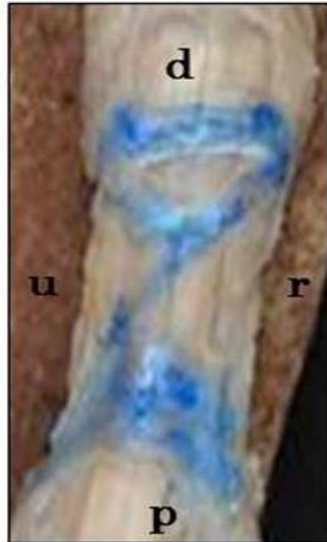


Fig 53: polea C3 con configuración ipsiliforme.

En los 116 casos que no se encontró, 27 casos han sido en el segundo dedo, 22 casos en el tercer dedo, 27 casos en el cuarto dedo y 40 casos en el quinto dedo. La probabilidad de que la polea C3 no existiese en el segundo dedo es de 56.25%, en el tercer dedo de 45.83%, en el cuarto dedo de 56.25% y en el quinto dedo de 83.33%.

Teniendo en cuenta la mano, han existido 12 manos (25%) que en los cuatro dedos de la misma mano no ha existido la polea C3. En 9 de estos 12 casos (75%) coexistía la falta de C3 con la ausencia de C2, mientras que en 3 casos (25%) a la ausencia de esas poleas se le añadía la no presencia de A5 (Fig 52).

4.15 ESPACIO ENTRE POLEA C3 Y A5:

Este espacio se localizó entre el tercio distal de la segunda falange y la articulación interfalángica distal. El final de la polea C3 ha sido muy variable dependiendo de su configuración, como se ha mencionado

anteriormente, y el inicio de la polea A5 fue fácilmente identificable al coincidir con la IFD y ser ortogonal al eje longitudinal del dedo (Fig 50).

Existen 45 casos en los que ha coincidido la presencia de la polea C3 con la de la polea A5. Dentro de éstos hay 32 casos en los que no existió espacio entre la polea C3 y A5, habiendo continuidad entre ellas. En 13 casos existió espacio entre la polea C3 y A5, teniendo una longitud media de 2.27 mm (Anexo: tabla 72).

De los 76 casos que existió C3 hay 31 casos en los que no ha existido A5, por lo que el final de la porción retinacular sería la polea C3 (Fig 48: cuarto dedo), con una longitud media hasta el final del pulpejo de 24.93 mm (Anexo: tabla 73).

4.16 POLEA A5:

Se ha encontrado presente en 99 dedos (51.5%). Ha consistido en una polea con configuración anular, fina y corta, similar a la polea A3, en la zona palmar de la IFD. Su origen ha procedido en su totalidad de la placa palmar de la IFD. Los bordes inicial y final han sido ortogonales al eje, iguales en forma, fácilmente identificables, sin engrosamiento y sin mezclarse sus fibras con las poleas vecinas. Su variabilidad en forma de anillos fue pequeña. En 97 casos estaba configurada por un solo anillo (Fig 50) y en 2 casos (2%) estuvo formada por 2 bandas anulares.

Teniendo en cuenta el dedo en el que se presenta, en 23 casos fue en el segundo dedo, en 26 casos en el tercero, en 27 casos en el cuarto y en 23 casos en el quinto. La probabilidad de que la polea A5 existiese en el

segundo dedo fue de 47.92%, en el tercer dedo de 54.17%, en el cuarto dedo de 56.25% y en el quinto dedo de 47.92%.

La longitud media de A5 en global, es decir con todos los anillos que la forman, fue de 2.75 mm (Anexo: tabla 74). La longitud por dedo aparece indicada en la tabla 75 del Anexo. En los 97 casos que la polea A5 estaba formada por un solo anillo, la longitud media fue de 2.70 mm (rango: 0.76 mm-6.96 mm).

Los 2 casos (especímenes 14 y 29) que la polea A5 estaba formada por 2 anillos se han localizado en el cuarto dedo. Por tanto, tratándose de un cuarto dedo la probabilidad de que la polea A5 tenga 2 anillos fue de 4.17%, mientras que esta variabilidad no se ha observado en los demás dedos. En el espécimen 14, el primer anillo tenía una longitud de 2.18 mm, el segundo anillo midió 2.17 mm y el espacio entre anillos fue de 1.23 mm. En el espécimen 29, el primer anillo midió 2.35 mm, el segundo anillo 2.24 mm y existió un espacio entre ellos de 1.92 mm.

En los 93 casos que la polea A5 no existió, 25 casos se han localizado en el segundo dedo, 22 casos en el tercero, 21 casos en el cuarto y 25 casos en el quinto. La probabilidad de que la polea A5 no existiese en el segundo dedo es de 52.08%, en el tercer dedo de 45.83%, en el cuarto dedo de 43.75% y en el quinto dedo de 52.08%. En los casos en que la polea A5 estaba ausente, 60 casos coexistían con la ausencia de C3.

Teniendo en cuenta la mano, hubo 8 manos (16.67%) en las que la ausencia de A5 se presentaba en los cuatro dedos trifalángicos. En 6 manos esta ausencia se acompañaba de la no presencia de otras poleas: dos casos

de ausencia de A5 y C2, tres casos de ausencia de A5, C2 y C3 y un caso de ausencia de A5, C1 y C2. En 2 casos (especímenes 35 y 43) la ausencia de A5 en la mano estaba acompañada por la presencia de más de un anillo en A1 en los cuatro dedos (Fig 52).

4.17 ESPACIO ENTRE A5 Y PUNTA DEL PULPEJO:

Se trató de un espacio fácil de identificar debido a la escasa variabilidad en la configuración del borde final de la polea A5, que ha sido ortogonal recto, desde la IFD hasta la punta del pulpejo. Solamente en 2 casos se ha identificado que la polea A5 estuviese formada por 2 anillos y ha sido en el cuarto dedo. No se han identificado poleas más allá de la polea A5.

En los 99 casos que se ha identificado la presencia de la polea A5, la distancia media hasta la punta del pulpejo desde su borde distal fue de 23.86 mm (Anexo: tabla 76). La distancia de este espacio por dedo aparece indicada en la tabla 77 del Anexo.

4.18 PATRÓN DE POLEAS:

La presencia de las poleas A1, A2 y A4 ha sido constante. Los patrones posibles y su recuento aparecen en la tabla 78. Se han encontrado 24 patrones digitales distintos. El patrón de poleas más frecuente ha sido el formado por A1-A2-C1-A3-A4 en 35 dedos (18.22%). En segundo lugar el formado por A1-A2-C1-A3-A4-C3-A5 en 31 dedos (16.14%) y en tercer lugar el formado por A1-A2-C1-A3-A4-A5 en 28 dedos (14.58%).

PATRON	RECuento	PATRON	RECuento
A1-A2-C1-A3-C2-A4-C3-A5	2	A1-A2-A3-C2-A4-C3-A5	1
A1-A2-C1-A3- C2-A4-C3	2	A1-A2- A3- C2-A4-C3	0
A1-A2-C1-A3- C2-A4-A5	9	A1-A2- A3- C2-A4-A5	1
A1-A2-C1-A3- C2-A4	6	A1-A2- A3- C2-A4	1
A1-A2-C1-A3-A4-C3-A5	31	A1-A2- A3-A4-C3-A5	9
A1-A2-C1-A3-A4-C3	18	A1-A2- A3-A4-C3	8
A1-A2-C1-A3-C2-A4-A5	28	A1-A2- A3-C2-A4-A5	7
A1-A2-C1-A3-C2-A4	35	A1-A2- A3-C2-A4	15
A1-A2-C1-C2-A4-C3-A5	1	A1-A2- C2-A4-C3-A5	0
A1-A2-C1-C2- A4-C3	0	A1-A2- C2- A4-C3	0
A1-A2-C1-C2- A4-A5	3	A1-A2- C2- A4-A5	0
A1-A2-C1-C2- A4	0	A1-A2- C2- A4	0
A1-A2-C1-A4-C3-A5	1	A1-A2- A4-C3-A5	0
A1-A2-C1-A4-C3	2	A1-A2- A4-C3	1
A1-A2-C1-A4-A5	4	A1-A2- A4-A5	2
A1-A2-C1-A4	3	A1-A2 -A4	2

Tabla 78: patrones de poleas posibles y su recuento.

Teniendo en cuenta el dedo, en el segundo y quinto dedos han sido más frecuente la ausencia de A5, por lo que el patrón más frecuente ha sido A1-A2-C1-A3-A4, en el tercer dedo fue más frecuente la presencia de C3, por lo que el patrón más frecuente encontrado ha sido A1-A2-C1-A3-A4-C3-A5 y en el cuarto dedo el patrón global ha sido el más frecuente (Fig 54).



Fig 54: patrón de poleas más frecuente en el 2º y 5º dedos (izquierda), en el 3º dedo (centro) y en el 4º dedo y global (derecha).

Se han encontrado 3 dedos (1.56%) con todas las poleas posibles presentes (los tres casos han sido en el tercer dedo) (Fig 55), mientras que el patrón mínimo de poleas posible ha sido de tres poleas (A1-A2-A4) y se ha encontrado en 2 quintos dedos (1.04%).

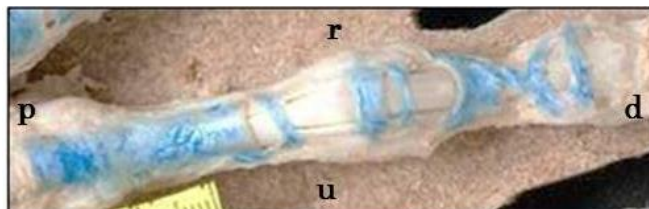


Fig 55: tercer dedo con el máximo de poleas.

En 27 dedos (14.06%) no había ninguna polea cruciforme, de tal manera que el canal digital estaba formado solo por poleas anulares.

Teniendo en cuenta el dedo, esto se ha dado en 6 segundos dedos, 3 terceros dedos, 5 cuartos dedos y 13 quintos dedos. Dentro de los 27 dedos sin poleas cruciformes, en 18 tampoco existía la polea A5, siendo el patrón de poleas A1-A2-A3-A4 (Fig 56).

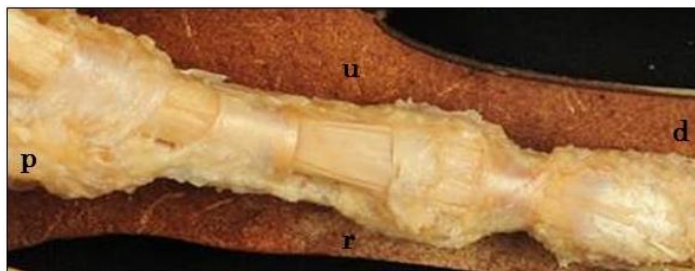


Fig 56: dedo con el canal digital configurado solo por las poleas anulares: A1, A2, A3 y A4.

Teniendo en cuenta la mano, se han encontrado 3 manos (6.25%) en las que el patrón de poleas en los cuatro dedos trifalángicos es el mismo (especímenes 33, 35 y 39). Los especímenes 33 y 39 tienen el patrón de poleas general, mientras que el espécimen 35 tiene un patrón similar con la ausencia de A5 (A1-A2-C1-A3-A4).

En el Anexo (tablas 79 a 85) se encuentra un resumen de los estadísticos más relevantes con comentario de lo más destacable.

4.19 HIPÓTESIS Y DISEÑO DE EXPERIMENTOS:

Hipótesis 1: Se plantea la hipótesis de diferencias significativas en cuanto al número de anillos de cada polea diferenciando por mano derecha o izquierda.

Hipótesis 2: Se plantea la hipótesis de diferencias significativas en cuanto al número de anillos de cada polea diferenciando por dedo.

Con el fin de analizar las hipótesis 1 y 2, construimos un diseño de experimentos, considerando como variable de respuesta el número de anillos y como factores el dedo y la mano.

- **Polea A1:**

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existe interacción entre el factor DEDO y el factor MANO en cuanto al número de anillos en la polea A1. Es más, el factor MANO resulta no ser significativo en cuanto a las diferencias en el número de anillos en la polea A1.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en A1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4,590 ^a	7	,656	1,293	,256
Intersección	416,503	1	416,503	821,576	,000
MANO	,003	1	,003	,006	,936
DEDO	3,321	3	1,107	2,184	,091
MANO * DEDO	1,154	3	,385	,759	,518
Error	93,280	184	,507		
Total	515,000	192			
Total corregida	97,870	191			

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en A1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4,590 ^a	7	,656	1,293	,256
Intersección	416,503	1	416,503	821,576	,000
MANO	,003	1	,003	,006	,936
DEDO	3,321	3	1,107	2,184	,091
MANO * DEDO	1,154	3	,385	,759	,518
Error	93,280	184	,507		
Total	515,000	192			
Total corregida	97,870	191			

a. R cuadrado = ,047 (R cuadrado corregida = ,011)

Se recurre por tanto a un modelo de experimentos con un único factor DEDO. La tabla ANOVA indica que el factor DEDO es un factor significativo en cuanto al número de anillos en la polea A1. La capacidad explicativa del modelo es de un 81% (R cuadrado asociado).

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en A1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	420,563 ^a	4	105,141	209,307	,000
DEDO	420,563	4	105,141	209,307	,000
Error	94,438	188	,502		
Total	515,000	192			

a. R cuadrado = ,817 (R cuadrado corregida = ,813)

El contraste de Levene indica que no se pueden asumir varianzas iguales entre los distintos grupos y por tanto la variabilidad es distinta en cuanto al número de poleas A1 en cada dedo.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente: Número de anillos en A1. a: Diseño: MANO

F	gl1	gl2	Sig.
2,526	3	188	,059

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

La prueba de Duncan indica la presencia de dos grupos, donde el número de anillos en el grupo 1 formado por los dedos tercero y cuarto es inferior al grupo formado por los dedos segundo y quinto. No obstante, la prueba de Scheffé no es concluyente y en este caso, se recomendaría la realización de más pruebas para concluir que existen diferencias significativas en cuanto al número de anillos en la polea A1 según el dedo de la mano.

- **Polea A2:**

En todos los casos se encontró un único anillo en A2 y por tanto, no existen diferencias significativas en cuanto al factor MANO o el factor DEDO.

- **Polea A3:**

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que los factores DEDO y MANO influyen en el número de anillos en la polea A3. Es más, existe una interacción entre

ambos factores significativa, es decir, existen diferencias entre el número de poleas en cada uno de los dedos según la mano estudiada. La capacidad explicativa del modelo es de un 90% (R cuadrado asociado).

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en A3

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	164,793 ^a	8	20,599	220,274	,000
MANO	,392	1	,392	4,191	,042
DEDO	2,318	3	,773	8,262	,000
MANO * DEDO	,818	3	,273	2,915	,036
Error	17,207	184	,094		
Total	182,000	192			

a. R cuadrado = ,905 (R cuadrado corregida = ,901)

El contraste de Levene indica que no se pueden asumir varianzas iguales entre los distintos grupos y por tanto la variabilidad es distinta en cuanto al número de poleas A3 en cada mano y en cada dedo.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente: Número de anillos en A3. a: Diseño: MANO + DEDO + MANO * DEDO

F	gl1	gl2	Sig.
15,119	7	184	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Las pruebas de Duncan y Scheffé indican la presencia de dos grupos, donde el número de anillos en el grupo 1 formado por el quinto dedo es

significativamente inferior al grupo formado por los dedos restantes. Análogamente en la mano derecha existe una presencia de menor número de anillos de la polea A3 que en la mano izquierda. Respecto a la interacción de los factores, podemos destacar que existe un menor número de casos donde se detecta una única polea A3 en el quinto dedo en la mano derecha con respecto de la izquierda (se detectó la presencia de una polea A3 en el 21% de los quintos dedos de la mano izquierda y en el 15% de los quintos dedos de la mano derecha analizados). Únicamente en el segundo dedo de la mano izquierda se detectó la presencia de dos anillos en la polea A3 (en el 1% de los casos analizados). Se detecta una mayor concentración de ausencia de polea A3 en las manos analizadas en los dedos segundo y quinto de ambas manos, presentando una diferencia más acusada en la mano derecha que en la izquierda (en el 5% de las manos izquierdas analizadas la ausencia de polea A3 se concentraba en los dedos segundo y quinto, mientras que en el 12% de las manos derechas analizadas la ausencia de polea A3 se concentraba en estos dedos).

No obstante, el gráfico de los residuos muestra la existencia de estructuras fuera del modelo, por lo que estos resultados deben ser considerados con cautela.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en A5

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	55,285 ^a	8	6,911	25,577	,000
MANO	1,142	1	1,142	4,225	,041
DEDO	,498	3	,166	,614	,607
MANO * DEDO	,498	3	,166	,614	,607
Error	49,715	184	,270		
Total	105,000	192			

a. R cuadrado = ,527 (R cuadrado corregida = ,506)

Se recurre por tanto a un modelo de experimentos con un único factor MANO. La tabla ANOVA indica que el factor MANO es un factor significativo en cuanto al número de anillos en la polea A5. La capacidad explicativa del modelo es de un 52% (R cuadrado asociado).

Variable dependiente: Número de anillos en A5

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	54,272 ^a	2	27,136	101,636	,000
MANO	54,272	2	27,136	101,636	,000
Error	50,728	190	,267		
Total	105,000	192			

a. R cuadrado = ,517 (R cuadrado corregida = ,512)

La prueba de Levene indica que no se puede rechazar la hipótesis de igualdad de varianzas y por tanto se debe asumir que existe la misma variabilidad en cuanto al número de poleas A5 en cada mano.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

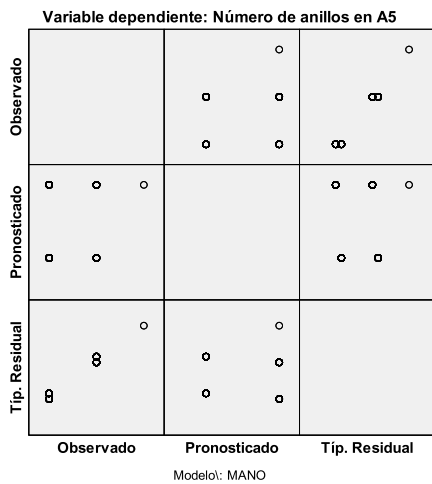
Variable dependiente: Número de anillos en A5. a: Diseño: MANO

F	gl1	gl2	Sig.
,312	1	190	,577

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Podemos concluir que en la mano derecha existe una presencia de menor número de anillos de la polea A5 que en la mano izquierda.

No obstante, el gráfico de los residuos muestra la existencia de estructuras fuera del modelo, por lo que estos resultados deben ser considerados con cautela.



- Polea C1:

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existe interacción entre el factor DEDO y el factor MANO en cuanto al número de anillos en la polea C1. Es más, el

factor DEDO resulta no ser significativo en cuanto a las diferencias en el número de anillos en la polea C1.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en C1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	112,223 ^a	8	14,028	68,324	,000
DEDO	,107	3	,036	,173	,914
MANO	,741	1	,741	3,609	,059
DEDO * MANO	,357	3	,119	,579	,629
Error	37,777	184	,205		
Total	150,000	192			

a. R cuadrado = ,748 (R cuadrado corregida = ,737)

Se recurre por tanto a un modelo de experimentos con un único factor MANO. La tabla ANOVA indica que el factor MANO es un factor significativo en cuanto al número de anillos en la polea C1. La capacidad explicativa del modelo es de un 74% (R cuadrado asociado).

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en C1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	111,762 ^a	2	55,881	277,663	,000
MANO	111,762	2	55,881	277,663	,000
Error	38,238	190	,201		
Total	150,000	192			

a. R cuadrado = ,745 (R cuadrado corregida = ,742)

El contraste de Levene indica que no se pueden asumir varianzas iguales entre los distintos grupos y por tanto la variabilidad es distinta en cuanto al número de poleas C1 en cada mano.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

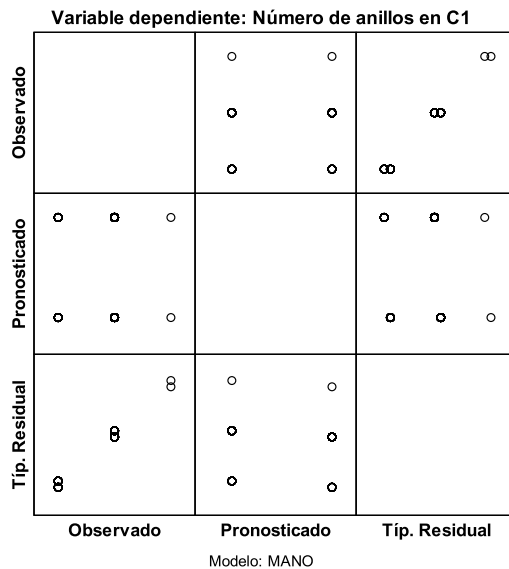
Variable dependiente: Número de anillos en C1. a: Diseño: MANO

F	gl1	gl2	Sig.
13,546	1	190	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Podemos concluir que en la mano derecha existe una presencia de menor número de anillos de la polea C1 que en la mano izquierda.

No obstante, el gráfico de los residuos muestra la existencia de estructuras fuera del modelo, por lo que estos resultados deben ser considerados con cautela.



- **Polea C2:**

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existe interacción entre el factor DEDO y el

factor MANO en cuanto al número de anillos en la polea C2. Es más, el factor MANO resulta no ser significativo en cuanto a las diferencias en el número de anillos en la polea C2.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en C2

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	4,496 ^a	8	,562	4,220	,000
MANO	,024	1	,024	,177	,675
DEDO	,493	3	,164	1,234	,299
MANO * DEDO	,201	3	,067	,504	,680
Error	24,504	184	,133		
Total	29,000	192			

a. R cuadrado = ,155 (R cuadrado corregida = ,118)

Se recurre por tanto a un modelo de experimentos con un único factor DEDO. La tabla ANOVA indica que el factor DEDO es un factor significativo en cuanto al número de anillos en la polea C2. No obstante, la capacidad explicativa del modelo es muy reducida (R cuadrado = 15%).

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en C2

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	4,271 ^a	4	1,068	8,117	,000
DEDO	4,271	4	1,068	8,117	,000
Error	24,729	188	,132		
Total	29,000	192			

a. R cuadrado = ,147 (R cuadrado corregida = ,129)

El contraste de Levene indica que no se pueden asumir varianzas iguales entre los distintos grupos y por tanto la variabilidad es distinta en cuanto al número de poleas C2 en cada mano.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

a. Variable dependiente: Número de anillos en C2. a: Diseño: DEDO

F	gl1	gl2	Sig.
4,814	3	188	,003

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Sin embargo, los contrastes de Duncan y Scheffé no son capaces de detectar diferencias significativas en el número de poleas C2 en cuanto al dedo de la mano. Esto se debe a la escasa representatividad del modelo.

- **Polea C3:**

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existe interacción entre el factor DEDO y el factor MANO en cuanto al número de anillos en la polea C3. Es más, el factor MANO resulta no ser significativo en cuanto a las diferencias en el número de anillos en la polea C3.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en C3

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	33,906 ^a	8	4,238	18,526	,000
DEDO	3,677	3	1,226	5,357	,001
MANO	,042	1	,042	,183	,669
DEDO * MANO	,073	3	,024	,106	,957
Error	42,094	184	,229		
Total	76,000	192			

a. R cuadrado = ,446 (R cuadrado corregida = ,422)

Se recurre por tanto a un modelo de experimentos con un único factor DEDO. La tabla ANOVA indica que el factor DEDO es un factor significativo en cuanto al número de anillos en la polea C3. No obstante, la capacidad explicativa del modelo es reducida (R cuadrado = 45%).

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Número de anillos en C3

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	33,792 ^a	4	8,448	37,628	,000
DEDO	33,792	4	8,448	37,628	,000
Error	42,208	188	,225		
Total	76,000	192			

a. R cuadrado = ,445 (R cuadrado corregida = ,433)

El contraste de Levene indica que no se pueden asumir varianzas iguales entre los distintos grupos y por tanto la variabilidad es distinta en cuanto al número de poleas C3 en cada dedo.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

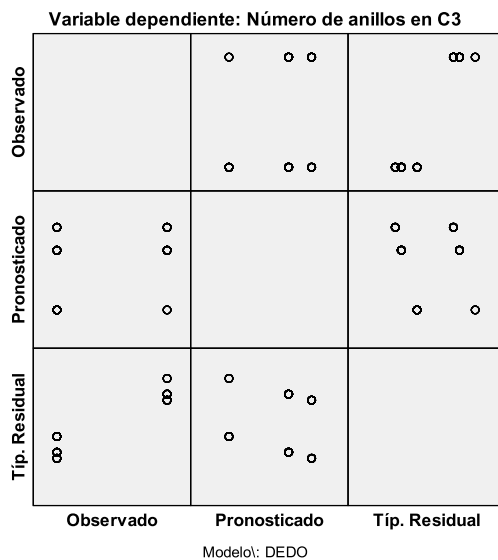
Variable dependiente: Número de anillos en C3. a: Diseño: DEDO

F	gl1	gl2	Sig.
30,793	3	188	,000

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

El test de Duncan y el test de Scheffé para el factor DEDO muestran la existencia de dos grupos. El primer grupo formado por el dedo Meñique contiene un número menor de anillos que el segundo grupo formado por los dedos restantes.

No obstante, el gráfico de los residuos muestra la existencia de estructuras fuera del modelo, por lo que estos resultados deben ser considerados con cautela.



Hipótesis 3: Se plantea la hipótesis de diferencias significativas en cuanto a la longitud de las poleas diferenciando por dedo, número de anillos y mano.

Con el fin de analizar la hipótesis 3, construimos un diseño de experimentos, considerando como variable de respuesta la longitud de las poleas y como factores el dedo, el número de anillos y la lateralidad de la mano.

En primer lugar analizaremos si la longitud (LON) total de las poleas se distribuyen según una distribución normal. Para ello, nos basaremos en el test de Kolmogorov Smirnov.

En la tabla siguiente se muestra la significación del test para las cinco poleas anulares. Podemos observar que se rechaza la hipótesis de normalidad en las poleas A2 y A4. Las Fig 57-61 muestran el histograma de frecuencias para las cinco poleas anulares. Podemos apreciar una distribución bimodal para la polea A2, centrada en 10 mm y 18 mm y un patrón exponencial para la polea A4.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra						
		LON_A1	LON_A2	LON_A3	LON_A4	LON_A5
N		192	192	173	192	99
Parámetros normales ^{a,b}	Media	8,7070	15,9394	3,2188	7,9141	2,7530
	Desviación típica	2,72851	4,15078	,83351	2,30728	1,03577
Diferencias más extremas	Absoluta	,065	,102	,046	,108	,118
	Positiva	,065	,074	,046	,108	,118
	Negativa	-,041	-,102	-,028	-,064	-,068
Z de Kolmogorov-Smirnov		,898	1,418	,604	1,501	1,173
Sig. asintót. (bilateral)		,395	,036	,859	,022	,128
a. La distribución de contraste es la Normal.						
b. Se han calculado a partir de los datos.						

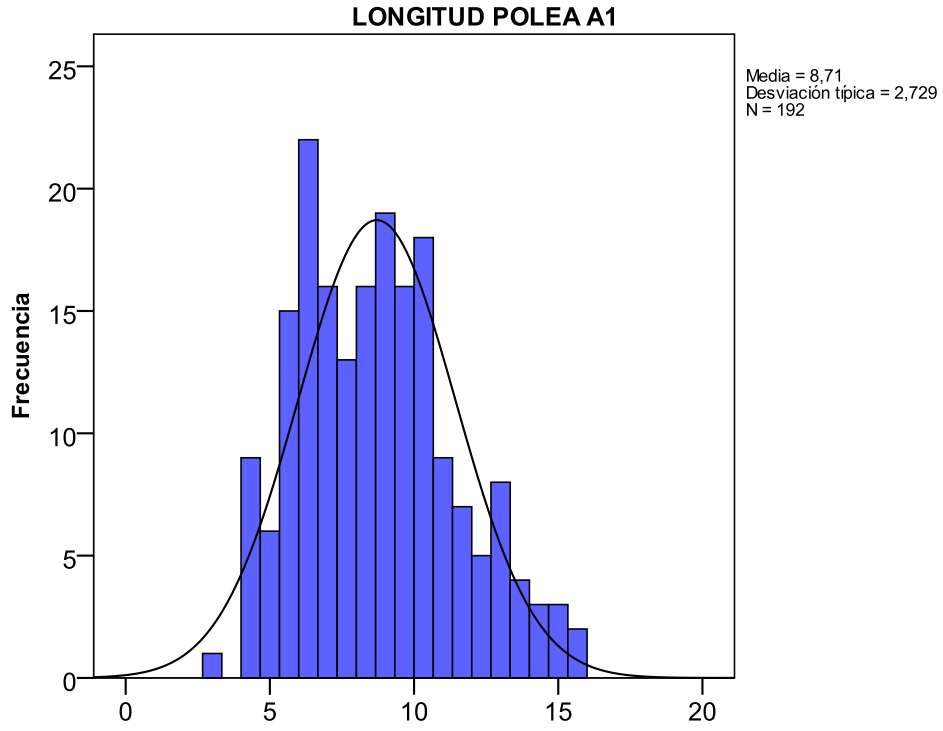


Fig 57: histograma de frecuencias de la polea A1.

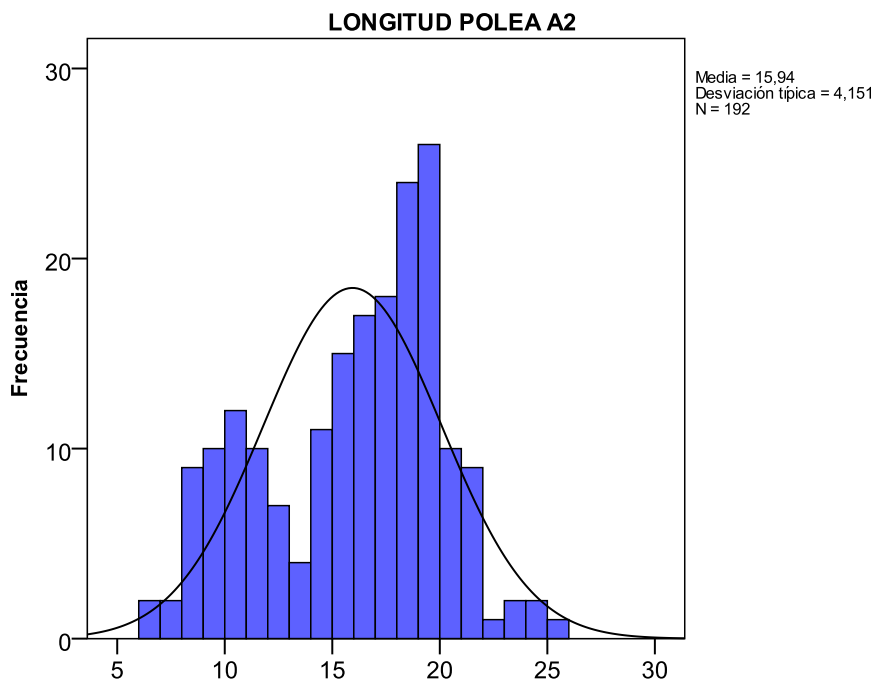


Fig 58: histograma de frecuencias de la polea A2.

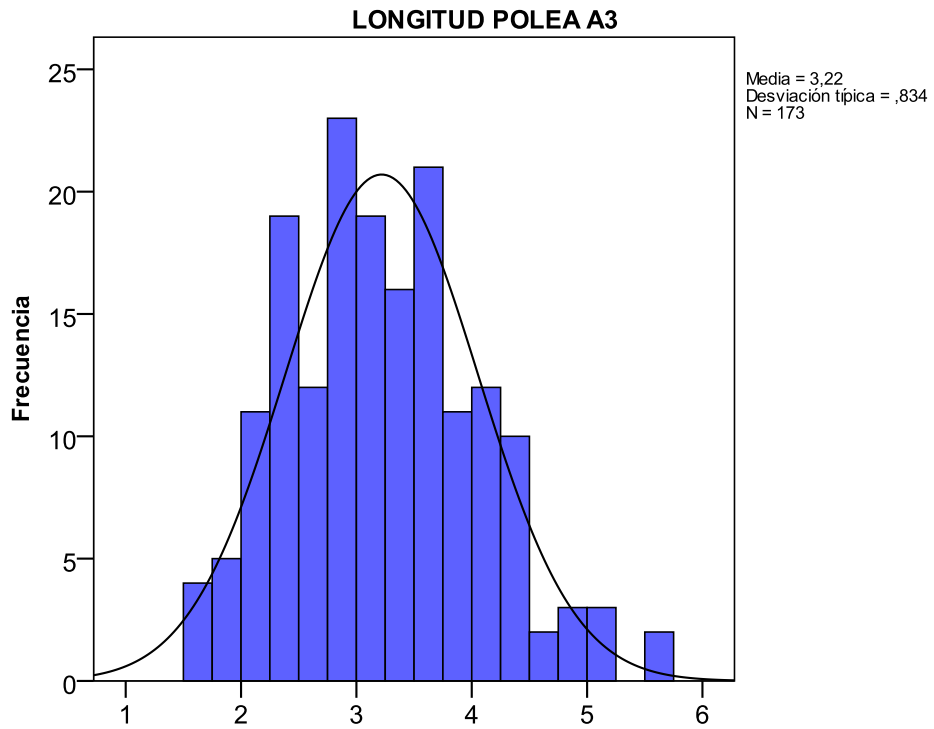


Fig 59: histograma de frecuencias de la polea A3.

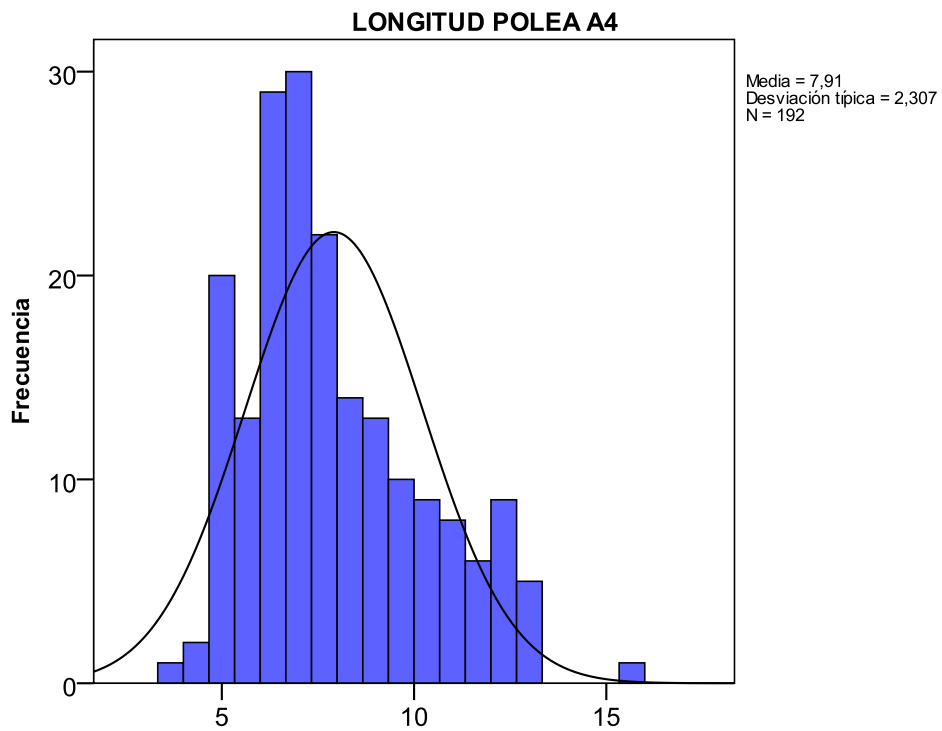


Fig 60: histograma de frecuencias de la polea A4.

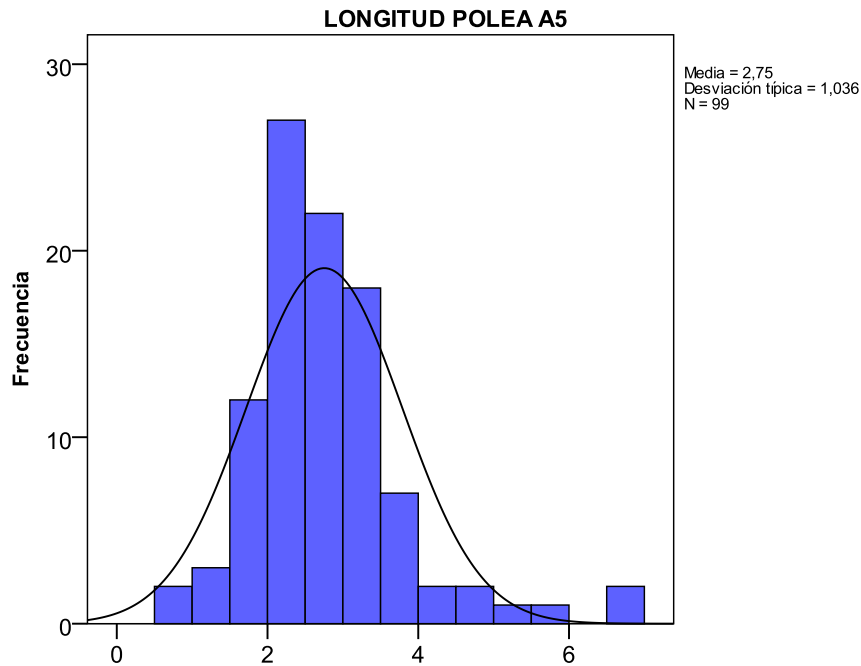


Fig 61: histograma de frecuencias de la polea A5.

En la tabla siguiente se muestra la significación del test para las tres poleas cruciformes. Podemos observar que se debe asumir la hipótesis de normalidad en la longitud de las tres poleas C1, C2 y C3. Las Fig 62-64 muestran el histograma de frecuencias para las tres poleas cruciformes.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra				
		LON_C1	LON_C2	LON_C3
N		145	26	76
Parámetros normales ^{a,b}	Media	7,9117	4,2331	5,2743
	Desviación típica	1,94350	1,47535	1,65129
Diferencias más extremas	Absoluta	,085	,118	,116
	Positiva	,085	,118	,116
	Negativa	-,035	-,070	-,055
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,022	,603	1,007
Sig. asintót. (bilateral)		,247	,860	,262
a. La distribución de contraste es la Normal.				
b. Se han calculado a partir de los datos.				

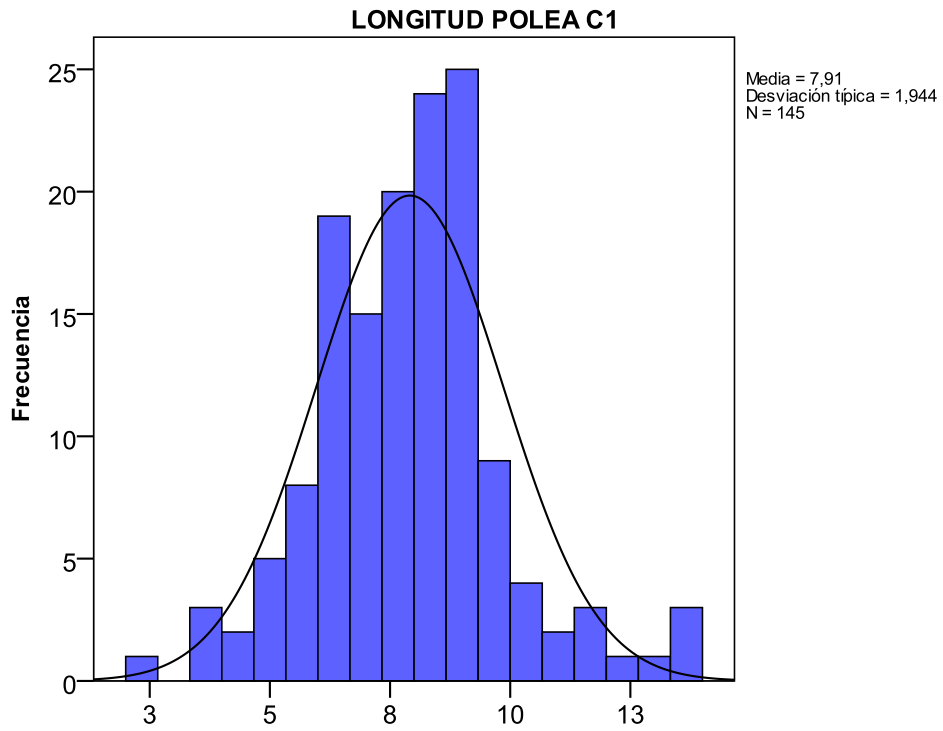


Fig 62: histograma de frecuencias de la polea C1.

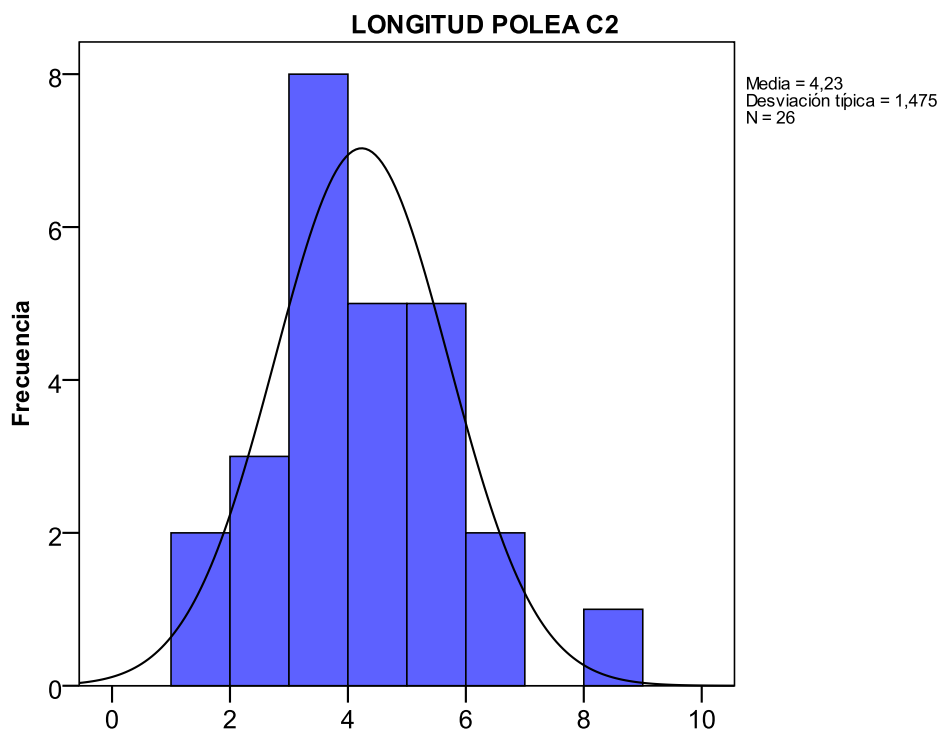


Fig 63: histograma de frecuencias de la polea C2.

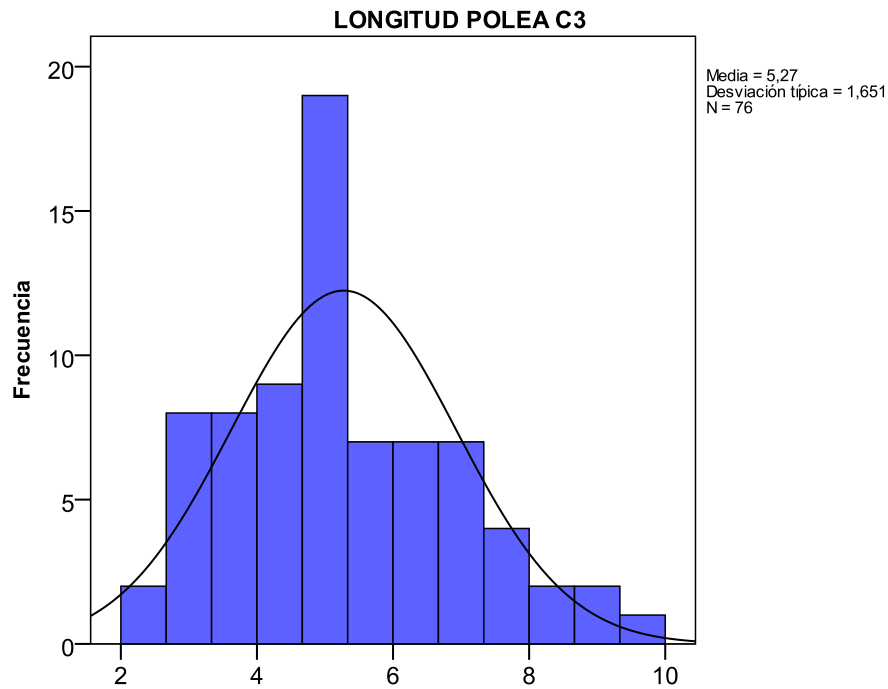


Fig 64: histograma de frecuencias de la polea C3.

Finalmente, en la tabla siguiente se muestra la significación del test para la longitud desde la polea A1 hasta el pulpejo. Podemos observar que se debe asumir la hipótesis de normalidad en la longitud desde A1 hasta P. La Fig 65 muestra el histograma de frecuencias para la longitud de la mano.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra		
		DIST A1-P
N		192
Parámetros normales ^{a,b}	Media	87,5274
	Desviación típica	11,76107
Diferencias más extremas	Absoluta	,055
	Positiva	,052
	Negativa	-,055
Z de Kolmogorov-Smirnov		,759
Sig. asintót. (bilateral)		,612
a. La distribución de contraste es la Normal.		
b. Se han calculado a partir de los datos.		

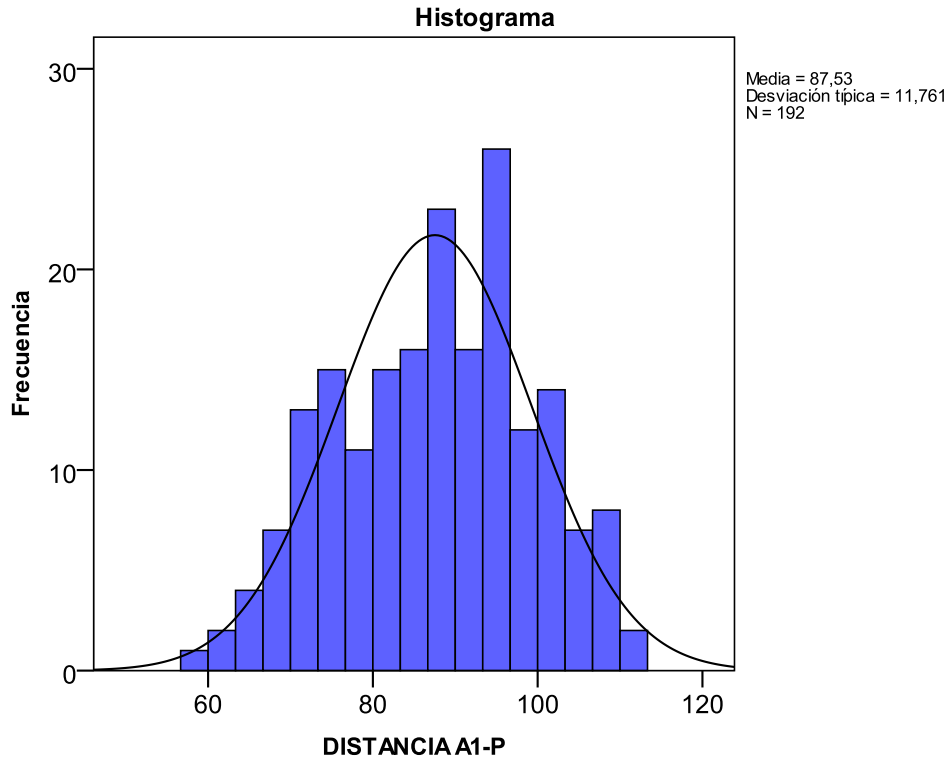


Fig 65: histograma de frecuencias de la distancia entre A1 y P.

Una vez verificados los criterios de las variables a analizar, vamos a estudiar a través del diseño de experimentos si el factor lado de la mano, el dedo o el número de anillos son significativos en cuanto a la longitud total de las poleas.

- **Longitud total de la Polea A1:**

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existe interacción entre el factor DEDO y el factor MANO, ni entre los factores DEDO y número de anillos, ni MANO y número de anillos, ni diferencias significativas según la mano.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	14945,254 ^a	27	553,528	88,442	,000
MANO	4,184	1	4,184	,669	,415
DEDO	79,234	3	26,411	4,220	,007
A1	102,879	3	34,293	5,479	,001
MANO * DEDO	7,872	3	2,624	,419	,739
MANO * A1	33,942	2	16,971	2,712	,069
DEDO * A1	38,401	7	5,486	,877	,526
MANO * DEDO * A1	6,907	6	1,151	,184	,981
Error	1032,674	165	6,259		
Total	15977,928	192			

a. R cuadrado = ,935 (R cuadrado corregida = ,925)

Sin embargo, sí existen diferencias según el dedo y el número de anillos de la mano. La tabla ANOVA asociada muestra que el modelo guarda gran parte de la información.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	14832,228 ^a	7	2118,890	342,144	,000
DEDO	205,646	3	68,549	11,069	,000
A1	97,088	3	32,363	5,226	,002
Error	1145,700	185	6,193		
Total	15977,928	192			

a. R cuadrado = ,928 (R cuadrado corregida = ,926)

El test de Levene muestra que se pueden asumir varianzas iguales.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente:LON_A1. a: Diseño: DEDO + A1

F	gl1	gl2	Sig.
.990	14	177	.465

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

El test de Scheffé muestra la existencia de dos grupos de longitudes siendo menor la longitud total de la polea A1 para los dedos cuarto y quinto. Cabe destacar, que el test de Scheffé sitúa el cuarto dedo en ambos grupos, mientras que el test de Duncan señala diferencias significativas entre la longitud total de las poleas A1 en los dedos quinto, cuarto y el grupo formado por los dedos segundo y tercero. Esto es debido a que el test de Scheffé es más conservador que el test de Duncan. En cuanto al número de anillos, el test de Scheffé muestra dos grupos separados siendo el de mayor longitud total en la polea A1 el grupo formado por aquellos dedos en los cuales se detectó tres o más anillos.

LONGITUD POLEA A1

DEDOS	N	Subconjunto		
		1	2	3
Duncan ^{a,b}	5°	48	7,2613	
	4°	48		8,4023
	3°	48		9,4896
	2°	48		9,6750
	Sig.		1,000	1,000
Scheffe ^{a,b}	5°	48	7,2613	
	4°	48	8,4023	8,4023
	3°	48		9,4896
	2°	48		9,6750
	Sig.		,172	,103

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 6,193.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 48,000
- b. Alfa = ,05.

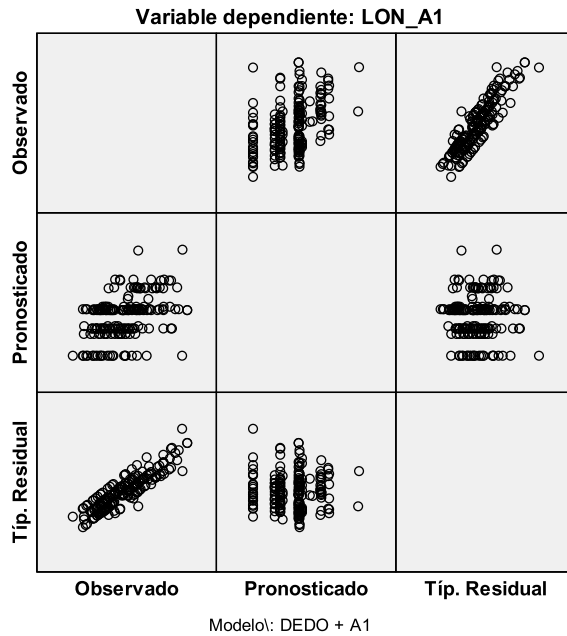
LONGITUD POLEA A1

Número de anillos	N	Subconjunto		
		1	2	
Duncan ^{a,b,c}	1	123	8,3263	
	2	50	9,1148	
	3	16	9,8231	9,8231
	4	3		11,5667
	Sig.		,221	,130
Scheffe ^{a,b,c}	1	123	8,3263	
	2	50	9,1148	9,1148
	3	16	9,8231	9,8231
	4	3		11,5667
	Sig.		,636	,209

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 6,193.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,435
- b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I.
- c. Alfa = ,05.

Finalmente, el gráfico de residuos muestra que se puede considerar que siguen una distribución normal y ausencia de estructura, lo que deriva en considerar la validez del diseño de experimentos propuesto.



- **Longitud total de la Polea A2:**

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existe interacción entre el factor DEDO y el factor MANO ni diferencias significativas según la mano. En este caso, no tiene sentido considerar el factor número de anillos puesto que únicamente se detectó una polea de tipo A2 en cada dedo y mano.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A2

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	50381,522 ^a	8	6297,690	685,894	,000
DEDO	1558,504	3	519,501	56,580	,000
MANO	9,676	1	9,676	1,054	,306
DEDO * MANO	28,543	3	9,514	1,036	,378
Error	1689,437	184	9,182		
Total	52070,959	192			

a. R cuadrado = ,968 (R cuadrado corregida = ,966)

Sin embargo, sí existen diferencias según el dedo de la mano. La siguiente tabla muestra las medias de la longitud total de la polea A2 según el dedo de la mano.

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A2

DEDO	Media	Desviación típica	N
4°	17,5446	2,69137	48
3°	19,0713	2,71646	48
2°	15,6873	3,83618	48
5°	11,4544	2,72391	48
Total	15,9394	4,15078	192

La tabla ANOVA asociada muestra que el modelo guarda gran parte de la información.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A2

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	50343,303 ^a	4	12585,826	1369,564	,000
DEDO	50343,303	4	12585,826	1369,564	,000
Error	1727,656	188	9,190		
Total	52070,959	192			

a. R cuadrado = ,967 (R cuadrado corregida = ,966)

El test de Levene muestra que se rechaza la hipótesis de varianzas iguales.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente: LON_A2. a: Diseño: DEDO

F	gl1	gl2	Sig.
4,103	3	188	,008

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

El test de Scheffé muestra la existencia de tres grupos de longitudes siendo menor la longitud total de la polea A2 para el quinto dedo. Cabe destacar, que el test de Scheffé sitúa el cuarto dedo junto al tercer dedo, mientras que el test de Duncan señala diferencias significativas entre la longitud total de las poleas A2 en los cuatro dedos. Esto es debido a que el test de Scheffé es más conservador que el test de Duncan.

LONGITUD POLEA A2

DEDO	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	
Duncan ^{a,b}	5°	48	11,4544			
	2°	48		15,6873		
	4°	48			17,5446	
	3°	48				19,0713
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Scheffe ^{a,b}	5°	48	11,4544			
	2°	48		15,6873		
	4°	48			17,5446	
	3°	48				19,0713
	Sig.		1,000	1,000	,111	

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.

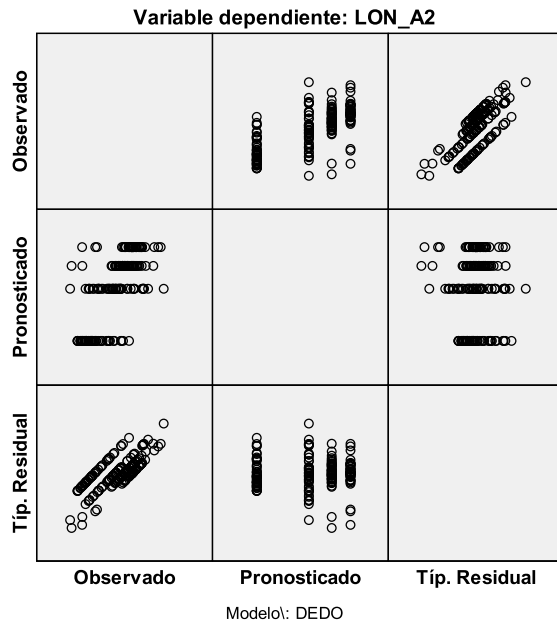
Basadas en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 9,190.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 48,000

b. Alfa = ,05.

Finalmente, el gráfico de residuos muestra que se puede considerar que siguen una distribución normal aunque presentan cierta estructura, lo que deriva en considerar con cierta cautela la validez del diseño de experimentos propuesto.



- Longitud total de la Polea A3:

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existe interacción entre el factor DEDO y el factor MANO ni diferencias significativas según el dedo.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A3

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	1800,314 ^a	9	200,035	294,057	,000
DEDO	1,781	3	,594	,873	,457
MANO	2,618	1	2,618	3,848	,051
A3	2,201	1	2,201	3,236	,074
DEDO * MANO	1,288	3	,429	,631	,596
DEDO * A3	,000	0	.	.	.
MANO * A3	,000	0	.	.	.
DEDO * MANO * A3	,000	0	.	.	.
Error	111,562	164	,680		
Total	1911,876	173			

a. R cuadrado = ,942 (R cuadrado corregida = ,938)

Sin embargo, sí existen diferencias según el número de anillos. La siguiente tabla muestra las medias de la longitud total de la polea A3 según el número de anillos.

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A3

A3	Media	Desviación típica	N
1	3,2013	,82429	170
2	4,2100	,91340	3
Total	3,2188	,83351	173

La tabla ANOVA asociada muestra que el modelo guarda gran parte de la información.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A3

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	1795,381 ^a	2	897,690	1317,691	,000
A3	1795,381	2	897,690	1317,691	,000
Error	116,496	171	,681		
Total	1911,876	173			

a. R cuadrado = ,939 (R cuadrado corregida = ,938)

El test de Levene muestra que se puede asumir la hipótesis de igualdad de varianzas.

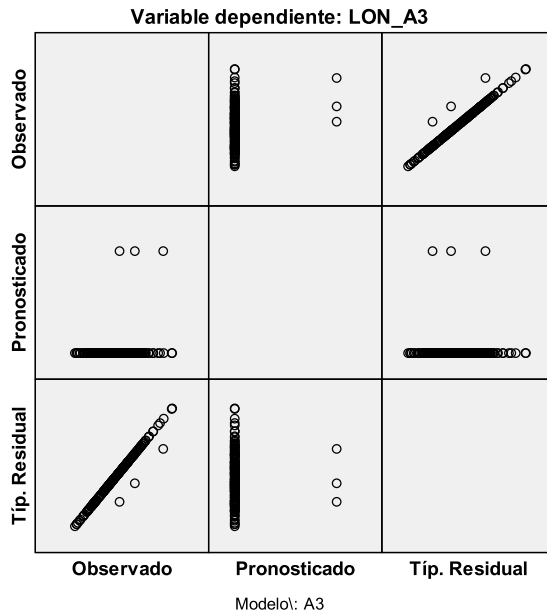
Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente: LON_A3. a: Diseño: A3

F	gl1	gl2	Sig.
,001	1	171	,971

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Finalmente, el gráfico de residuos muestra que se puede considerar que siguen una distribución normal aunque presentan una gran estructura, lo que deriva en considerar con cierta cautela la validez del diseño de experimentos propuesto.



De hecho, al considerar el contraste de la t de student de igualdad de medias de la longitud de la polea A3 según el número de anillos, se asume la hipótesis ya que asumimos igualdad de varianzas según el contraste de Levene.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
				t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia (dif) de medias	Error típ. dif	95% Intervalo de confianza para la dif	
		F	Sig.						Inferior	Superior
LON_A3	Se asumen varianzas iguales	,001	,971	-2,098	171	,037	-1,00871	,48072	-1,95762	-,05979
	No se asumen varianzas iguales			-1,899	2,058	,194	-1,00871	,53113	-3,23345	1,21604

- **Longitud total de la Polea A4:**

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existe interacción entre el factor DEDO y el factor MANO, ni entre los factores DEDO y número de anillos, ni MANO y número de anillos, ni diferencias significativas según la mano o el número de anillos.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A4

Origen	Suma de cuadrados III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	12104,976 ^a	9	1344,997	262,572	,000
MANO	5,389	1	5,389	1,052	,306
DEDO	60,383	3	20,128	3,929	,010
A4	5,433	1	5,433	1,061	,304
MANO * DEDO	3,046	3	1,015	,198	,898
MANO * A4	,000	0	.	.	.
DEDO * A4	,000	0	.	.	.
MANO * DEDO * A4	,000	0	.	.	.
Error	937,398	183	5,122		
Total	13042,374	192			

a. R cuadrado = ,928 (R cuadrado corregida = ,925)

Sin embargo, sí existen diferencias según el dedo de la mano. La tabla ANOVA asociada muestra que el modelo guarda gran parte de la información.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A4

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	12089,748 ^a	4	3022,437	596,476	,000
DEDO	12089,748	4	3022,437	596,476	,000
Error	952,626	188	5,067		
Total	13042,374	192			

a. R cuadrado = ,927 (R cuadrado corregida = ,925)

El test de Levene muestra que se pueden asumir varianzas iguales.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A4. a. Diseño: DEDO

F	gl1	gl2	Sig.
,935	3	188	,425

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

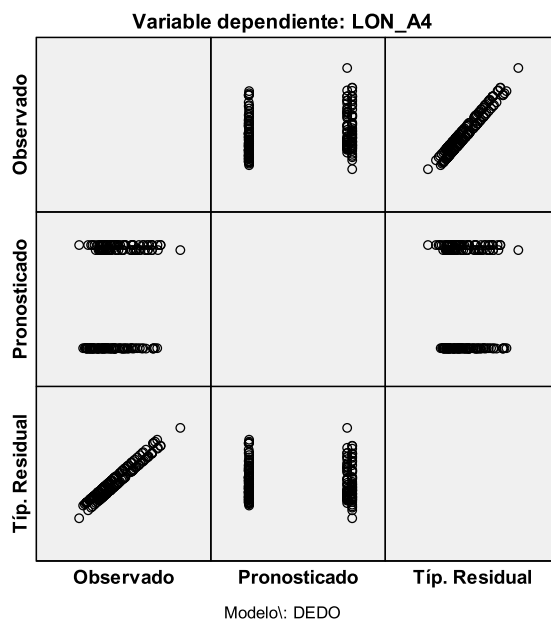
El test de Scheffé muestra la existencia de un único grupo de longitudes, mientras que el test de Duncan señala diferencias significativas entre la longitud total de las poleas A4 en los dedos quinto y segundo y el grupo formado por los dedos tercero y cuarto, siendo mayor en éste último. Esto es debido a que el test de Scheffé es más conservador que el test de Duncan.

LONGITUD POLEA A4

DEDO	N	Subconjunto		
		1	2	
Duncan ^{a,b}	5°	48	7,3340	
	2°	48	7,3387	
	3°	48		8,4629
	4°	48		8,5208
	Sig.		,992	,900
Scheffe ^{a,b}	5°	48	7,3340	
	2°	48	7,3387	
	3°	48	8,4629	
	4°	48	8,5208	
	Sig.		,087	

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 5,067. a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 48,000. b. Alfa = ,05.

Finalmente, el gráfico de residuos muestra que se puede considerar que siguen una distribución normal y la presencia de estructura, lo que deriva en considerar con cautela la validez del diseño de experimentos propuesto.



- Longitud total de la Polea A5:

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existe interacción entre el factor DEDO y el factor MANO, ni entre los factores DEDO y número de anillos, ni MANO y número de anillos, ni diferencias significativas según el dedo o el número de anillos.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A5

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	768,597 ^a	9	85,400	88,469	,000
DEDO	4,840	3	1,613	1,671	,179
A5	1,574	1	1,574	1,631	,205
MANO	5,726	1	5,726	5,931	,017
DEDO * A5	,000	0			
DEDO * MANO	1,637	3	,546	,565	,639
A5 * MANO	,000	0			
DEDO * A5 * MANO	,000	0			
Error	86,878	90	,965		
Total	855,475	99			

a. R cuadrado = ,898 (R cuadrado corregida = ,888)

Sin embargo, sí existen diferencias según la mano. La tabla ANOVA asociada muestra que el modelo guarda gran parte de la información

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA A5

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	757,037 ^a	2	378,518	372,988	,000
MANO	757,037	2	378,518	372,988	,000
Error	98,438	97	1,015		
Total	855,475	99			

a. R cuadrado = ,885 (R cuadrado corregida = ,883)

El test de Levene rechaza que se pueden asumir varianzas iguales.

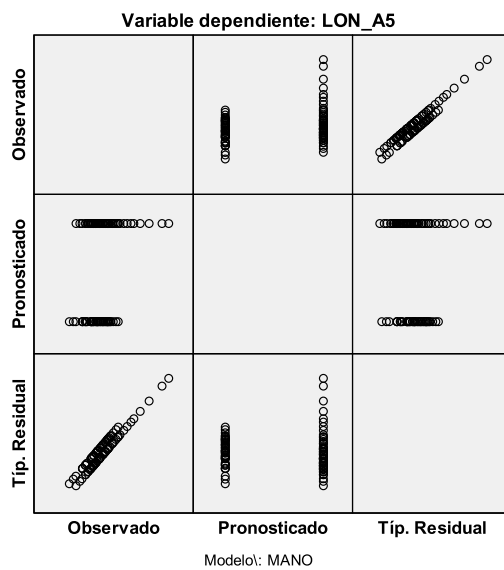
Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente:LON_A5. a. Diseño: MANO

F	gl1	gl2	Sig.
3,418	1	97	,068

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Finalmente, el gráfico de residuos muestra que se puede considerar que siguen una distribución normal y la presencia de estructura, lo que deriva en considerar con cautela la validez del diseño de experimentos propuesto.



De hecho, si comparamos las medias de las longitudes de la polea A5 en ambas manos a través del test de comparación de medias de la t de student, debemos asumir la igualdad de las mismas.

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
LON_A5 Se han asumido varianzas iguales	3,418	,068	-2,569	97	,012	-,52807	,20555	-,93602	-,12012
No se han asumido varianzas iguales			-2,771	95,802	,007	-,52807	,19056	-,90634	-,14979

- **Longitud total de la Polea C1:**

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existen diferencias significativas según el DEDO de la mano y el tipo de polea cruciforme ni interacción entre el factor número de anillos y la MANO.

Sin embargo, sí existen diferencias según la mano y el número de anillos. La tabla ANOVA asociada muestra que el modelo guarda gran parte de la información.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LONGITUD POLEA C1

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	9118,790 ^a	3	3039,597	861,011	,000
C1	24,564	1	24,564	6,958	,009
MANO	18,643	1	18,643	5,281	,023
Error	501,298	142	3,530		
Total	9620,088	145			

a. R cuadrado = ,948 (R cuadrado corregida = ,947)

La longitud de la polea C1 es sensiblemente mayor cuanto mayor es el número de anillos, con un promedio de 7.8 mm en el caso de un único anillo

y 11.35 mm en el caso de doble anillo y mayor en la mano izquierda (con un promedio de 9.94 mm) que en la mano derecha (9.22 mm).

1. Gran media

Variable dependiente: LONGITUD POLEA C1

Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
		Límite inferior	Límite superior
9,585	,669	8,263	10,908

2. Número de anillos en C1

Variable dependiente: LONGITUD_C1

C1	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	7,821	,158	7,508	8,133
2	11,350	1,329	8,724	13,976

3. MANO

Variable dependiente: LONGITUD_C1

MANO	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
L	9,946	,685	8,592	11,301
R	9,224	,689	7,862	10,587

El test de Levene muestra que se deben asumir varianzas iguales.

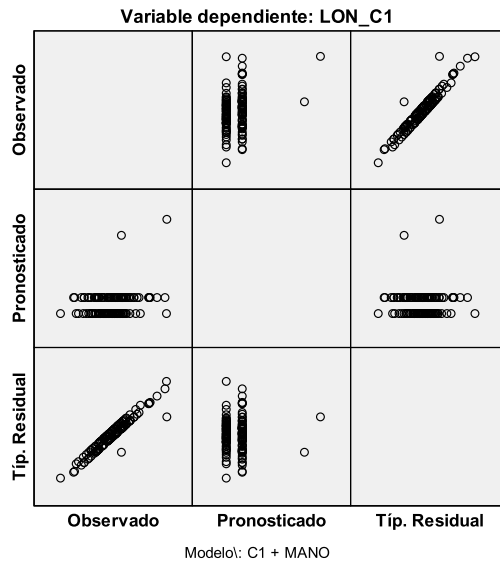
Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

a. Variable dependiente: LONGITUD POLEA C1. a. Diseño: C1 + MANO

F	gl1	gl2	Sig.
,549	3	141	,650

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Finalmente, el gráfico de residuos muestra que se puede considerar que siguen una distribución normal y la presencia de estructura, lo que deriva en considerar con cautela la validez del diseño de experimentos propuesto.



- **Longitud total de la Polea C2:**

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existen diferencias significativas según el DEDO de la mano y la MANO.

Sin embargo, sí existen diferencias según la mano y el tipo de polea. La tabla ANOVA asociada muestra que el modelo guarda gran parte de la información.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LON_C2. a. R cuadrado = ,926 (R cuadrado corregida = ,912)

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	481,625 ^a	4	120,406	68,477	,000
C2	10,534	1	10,534	5,991	,023
TIPO_C21	15,078	2	7,539	4,288	,027
Error	38,684	22	1,758		
Total	520,309	26			

La longitud de la polea C2 es sensiblemente mayor cuanto menor es el número de anillos, con un promedio de 5.45mm en el caso de un único anillo

y 0.86mm en el caso de doble anillo, aunque hay que tener en cuenta que únicamente hubo un caso con presencia de doble anillo y mayor en poleas de tipo SR (con un promedio de 2.01mm) que en poleas de tipo SU (1.747mm).

1. Gran media

Variable dependiente: LONGITUD POLEA C2

Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
		Límite inferior	Límite superior
3,164	,729	1,652	4,677

2. NÚMERO DE ANILLOS C2

Variable dependiente: LONGITUD POLEA C2

C2	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	5,459	,489	4,446	6,472
2	,869	1,607	-2,464	4,202

3. TIPO POLEA

Variable dependiente: LONGITUD POLEA C2

TIPO_C21	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
	5,735	,938	3,790	7,680
SR	2,010	1,083	-,235	4,255
SU	1,747	,988	-,303	3,797

El test de Levene muestra que se deben asumir varianzas iguales.

Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

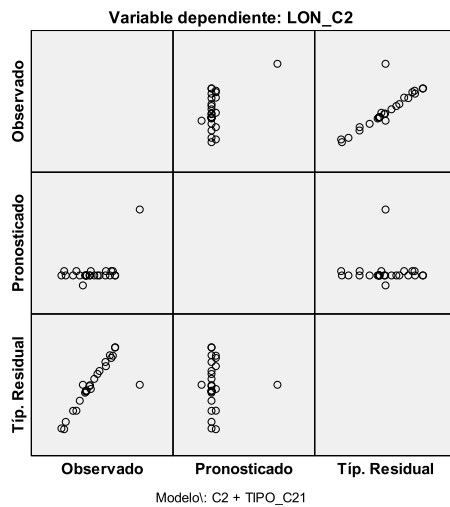
Variable dependiente: LONGITUD POLEA C2. a. Diseño: C2 + TIPO_C21

F	gl1	gl2	Sig.
1,587	3	22	,221

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Finalmente, el gráfico de residuos muestra que se puede considerar que siguen una distribución normal y la presencia de estructura, lo que

deriva en considerar con cautela la validez del diseño de experimentos propuesto.



- **Longitud total de la Polea C3:**

Al generar un modelo factorial completo, podemos observar en la tabla ANOVA asociada que no existen diferencias significativas según el tipo de polea cruciforme y la MANO. El número de anillos resultó no ser un factor significativo ya que no se detectó la presencia de una polea C3 con más de un anillo.

Sin embargo, sí existen diferencias según el dedo de la mano. La tabla ANOVA asociada muestra que el modelo guarda gran parte de la información.

Pruebas de los efectos inter-sujetos

Variable dependiente: LON_C3

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	2148,673 ^a	4	537,168	227,436	,000
DEDO	2148,673	4	537,168	227,436	,000
Error	170,053	72	2,362		
Total	2318,726	76			

a. R cuadrado = ,927 (R cuadrado corregida = ,923)

La longitud de la polea C3 es sensiblemente mayor para el dedo tercero con respecto al dedo quinto. El test de Duncan señala dos grupos, siendo el de mayor longitud el grupo formado por los dedos tercero y cuarto con respecto del grupo formado por los dedos quinto, segundo y cuarto. Cabe destacar que el test de Duncan clasifica el dedo cuarto en ambos grupos, mientras que el test de Scheffé, más conservador, clasifica los dedos segundo y cuarto en ambos grupos.

LON_C3

		N	Subconjunto	
DEDO			1	2
Duncan ^{a,b,c}	5°	8	4,3900	
	2°	21	4,6319	
	4°	21	5,1852	5,1852
	3°	26		6,1373
	Sig.		,179	,089
Scheffe ^{a,b,c}	5°	8	4,3900	
	2°	21	4,6319	4,6319
	4°	21	5,1852	5,1852
	3°	26		6,1373
	Sig.		,561	,069

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 2,362.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 15,462 b. Los tamaños de los grupos son distintos. Se empleará la media armónica de los tamaños de los grupos. No se garantizan los niveles de error tipo I. c. Alfa = ,05.

El test de Levene muestra que se deben asumir varianzas iguales.

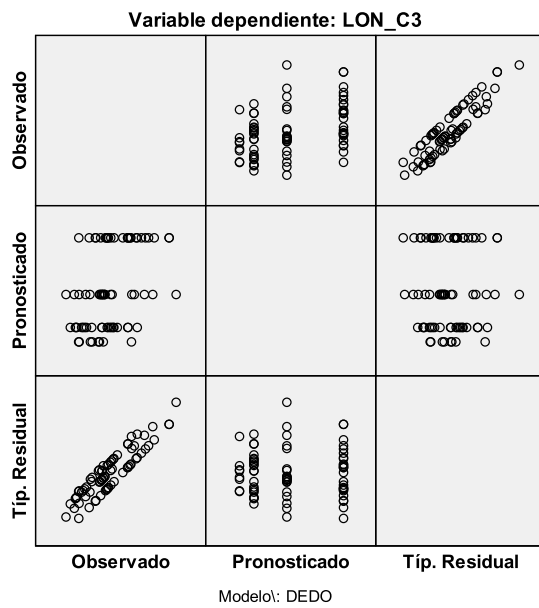
Contraste de Levene sobre la igualdad de las varianzas error^a

Variable dependiente: LON_C3. a. Diseño: DEDO

F	gl1	gl2	Sig.
,823	3	72	,486

Contrasta la hipótesis nula de que la varianza error de la variable dependiente es igual a lo largo de todos los grupos.

Finalmente, el gráfico de residuos muestra que se puede considerar que siguen una distribución normal y la ausencia de estructura, lo que deriva en considerar la validez del diseño de experimentos propuesto.



5. DISCUSSION

El estudio de las variaciones anatómicas es imprescindible en Anatomía. Un conocimiento más exacto de la variabilidad de la morfología humana tiene gran relevancia para el progreso en la Anatomía y en la Clínica^{44,54}. La variabilidad del sistema de poleas del canal digital de los dedos trifalángicos en los humanos es elevada. Existen diferencias considerables tanto en la incidencia, forma y tamaño dependiendo del tipo de polea, número de dedo y lado de la mano. Esto ya era conocido previamente en la literatura, pero estaba poco estudiado con muestras pequeñas y con un estudio estadístico muy básico. Hasta la fecha la mayor muestra era la publicada por Doyle en 1989 con 81 dedos, que consiste en una ampliación de su estudio publicado un año antes con 61 dedos. Desde el punto de vista anatómico aporta descripciones de la forma y desde el estadístico únicamente analiza la incidencia y el tamaño de cada polea^{11,55}. En ninguno de los trabajos encontrados se especifica el método utilizado para realizar las mediciones y las referencias que se tienen en cuenta. En nuestro trabajo se toman las mediciones de forma sistemática de la forma explicada anteriormente.

A continuación exponemos una discusión basada en los resultados de nuestro estudio de la variabilidad de la incidencia, forma y tamaño de las poleas y de los espacios entre ellas teniendo en cuenta el dedo y la mano en la que se encuentran. Finalizaremos la discusión con los patrones de poleas encontrados y su variabilidad según varios factores.

5.1 INCIDENCIA DE LAS POLEAS:

Las poleas A1, A2 y A4 se han encontrado siempre presentes en todos los casos analizados. Coincidimos con la bibliografía publicada previamente que dichas poleas son las más constantes desde el punto de vista anatómico^{3,34,56}.

La polea A3 en nuestro estudio se ha encontrado presente en el 90% de los casos. Según el diseño de experimentos realizado, su ausencia ha sido más frecuente en el quinto dedo y en la mano derecha con diferencias significativas. La probabilidad de que la polea A3 no exista en el quinto dedo ha sido de un 27%. La existencia de mayor variabilidad en el lado ulnar como ocurre con la vascularización cutánea del dorso de la mano^{58,59}, podría explicar estos resultados si se amplía a otras estructuras anatómicas y explicar la mayor variabilidad anatómica en el quinto dedo y que se explicará posteriormente en otros hallazgos. Cuando esta polea no se localiza, el patrón de poleas vecino más frecuente es C1 y A4. Considerando la mano en global, la ausencia de la polea A3 lo más frecuente es que haya sido un hallazgo individual en el quinto dedo. Nuestros resultados son comparables a los previos, ya que en el estudio de Doyle en 1988 (61 dedos) estaba presente en la mayoría de los especímenes (87%)¹¹ y en el de 1989 (ampliado a 81 dedos) estaba en un 90%⁵⁵. En la tabla 86 se muestra una comparación de los porcentajes de incidencia de la polea A3 según dedo entre el estudio de Doyle 1988 y el nuestro. Los porcentajes en ambos estudios son elevados pero en el Doyle en el quinto dedo la existencia es similar a los otros mientras que en el nuestro es significativamente menor.

DEDO	DOYLE 1988	DE LAS HERAS 2015
2°	93%	92%
3°	87.5%	98%
4°	81.25%	98%
5°	86%	73%

Tabla 86: comparativa de los porcentajes de incidencia de la polea A3 según dedo entre nuestro estudio y el de Doyle en 1988.

La polea A3 tiene un papel importante en controlar el grado de cuerda de arco producida con la lesión de las poleas más importantes (A2 y A4) y es más efectiva en mantener al tendón cercano a las falanges por localizarse sobre la articulación interfalángica proximal⁶⁰⁻⁶². Las roturas cerradas de las poleas son típicas en los escaladores⁶³. El 3^{er} y 4^o dedo son los que tienen más tendencia a lesionarse por la posición que adoptan en los diferentes agarres durante la escalada⁶⁴. En su clasificación se le presta gran importancia al estado de la polea A3, definiéndola como polea esencial en este tipo de lesiones. El grado I consiste en un esguince de una polea, el II en una rotura completa de A4 o parcial de A2 o A3; el grado III en una rotura completa de A2 o A3 y el grado IV en múltiples roturas (como A2 y A3; A2, A3 y A4; rotura simple de A2 o A3 combinada con lesión músculos lumbricales o ligamento colateral)⁶⁵. El tratamiento y pronóstico es distinto según el grado. En los grados I, II y III inicialmente debería ser conservador mientras que en el grado IV requiere reparación quirúrgica de entrada^{63,66}. La ausencia de la polea A3 puede influir en el mecanismo de producción de estas lesiones y en su diagnóstico, pronóstico y tratamiento. Una mejoría en el conocimiento de la incidencia de la polea A3 puede servir de ayuda en este

tema, sobretodo su mayor ausencia en la mano derecha y en el quinto dedo (algo más de un 25% en este último).

La polea A5 ha aparecido aproximadamente en la mitad de los casos (51.5%). Según nuestro diseño estadístico, en su presencia no había diferencias significativas en cuanto al tipo de dedo pero sí en el lado de la mano, siendo más frecuente en el lado derecho. Doyle en su estudio inicial de 1975, en el que propuso la nomenclatura de las poleas aceptada universalmente en la actualidad, no la describió, terminando el canal retinacular en la polea C3². Fue posteriormente Hunter en 1980 quien inicialmente la describió²¹ y fue corroborado con una descripción similar por Kleinert y Broudy en 1981³⁵ y Schneider³² en 1982, pero estos autores no aportan datos de la incidencia. Doyle en su estudio de 1988 refiere que está presente en 80% de los especímenes¹¹. Este elevado porcentaje, aunque inicialmente no la describiese, contrasta con nuestro porcentaje cercano al 50%. Según nuestro estudio, su ausencia es más frecuente que coexista con la ausencia de la polea C3. Existe un pequeño porcentaje de manos en el que la ausencia de las poleas intrasujeto es elevada, coincidiendo la no presencia de la polea A5 en los cuatro dedos trifalángicos en 8 manos (16.67%). En 6 manos esta ausencia se acompañaba de la no presencia de otras poleas: dos casos de ausencia de A5 y C2, tres casos de ausencia de A5, C2 y C3 (Fig 52) y un caso de ausencia de A5, C1 y C2. Debido a estos hallazgos se podría plantear la posibilidad de que existan ciertos individuos con mayor variabilidad que otros en esta coincidencia anatómica.

La primera polea cruciforme ha tenido una presencia del 75% con una distribución similar por dedo sin diferencias significativas en el diseño creado. En cuanto a la lateralidad de la mano sí han existido diferencias significativas, siendo más frecuente la presencia de C1 en el lado izquierdo. En el estudio de Doyle de 1988 su presencia es constante, apareciendo en el 100% de los casos¹¹. En nuestro estudio el porcentaje de existencia es elevado pero no llega a ser tan constante. Al igual que en la polea A5, ha existido un pequeño porcentaje de manos (6.25%) con los cuatro dedos de la misma mano sin polea C1.

La polea C2 se ha encontrado presente en un escaso porcentaje de 13.5%, siendo la polea con mayor porcentaje de ausencia. Su aparición en el cuarto dedo ha sido significativamente mayor, pero la capacidad explicativa del modelo es muy reducida debido al pequeño tamaño de la muestra. No han existido diferencias significativas según el lado. Según el estudio de Doyle en 1988 su presencia es del 72%¹¹, siendo el porcentaje de incidencia de todas las poleas más dispar respecto a nuestro estudio. Corroborando nuestra teoría expuesta previamente de una mayor tendencia en ciertos individuos a la ausencia de varias poleas, han existido 29 manos (60.42%) que en los cuatro dedos de la misma mano estaba ausente la polea C2 (Fig 48) y dentro de éstas, hubo 17 manos en las que la polea C2 era la única polea que no existía en los cuatro dedos a la vez, mientras que en 12 manos esa ausencia se veía acompañada de la ausencia de otras poleas.

La polea C3 se ha encontrado presente aproximadamente en el 40% de los casos. La probabilidad de existencia por dedo es similar en el 2º, 3º y

4° dedos y mucho más baja en el 5° dedo (16.67%), existiendo diferencias significativas que se deben tomar con cautela debido al tamaño de muestra disponible, lo que puede coincidir con la teoría de la mayor variabilidad de las estructuras en localizaciones ulnares. En cuanto al lado de la mano no había diferencias significativas. Según el estudio de Doyle en 1988 su presencia es del 72%¹¹. Esta diferencia en el porcentaje, aunque no es tan grande como en la polea C2, lo podemos explicar por la gran subjetividad que puede existir en la disección e identificación de esta polea. Como se ha comentado anteriormente la polea C3 se localiza en una zona en la que identificarla como una polea aislada o como parte del final de la polea A4 es difícil de decidir (Fig 50 y 51) y puede ocasionar grandes diferencias subjetivas. Respecto a la teoría expuesta de la tendencia en ciertos individuos a la ausencia de ciertas poleas, han existido 12 manos (25%) que en los cuatro dedos de la misma mano no ha existido la polea C3. En 9 de estos 12 casos coexistía la falta de C3 con la ausencia de C2.

La incidencia anatómica puede tener influencia biomecánica. Las funciones principales de las poleas son prevenir la cuerda de arco, mantener una relación constante entre los tendones flexores y el eje articular del dedo y aportar una superficie de deslizamiento para los tendones^{4,33,67}. Muchos estudios han demostrado la importancia relativa de las diferentes poleas y que las poleas A2 y A4 son las más importantes para la movilidad normal del dedo^{9,33}. La pérdida individual de A1, A3 y A5 tiene escaso efecto funcional. Sin embargo, las poleas funcionan en conjunto y las poleas A1, A3 y A5 pueden sustituir en cierto grado la pérdida de las poleas A2 y A4.

Clínicamente una pérdida del 75% de las poleas A2 y A4 tiene unos resultados aceptables siempre que las otras poleas se mantengan intactas^{38,39,40,68}. Mientras las poleas cruciformes aportan flexibilidad y mantienen la continuidad de la vaina. Durante la flexión se comprimen para permitir moverse juntas a las poleas anulares más rígidas y gruesas⁶⁹. La función fina y delicada de las poleas minimiza el trabajo y la excursión requerida a los tendones flexores⁶⁰. Así las poleas cruciformes, debido a su menor espesor y resistencia mecánica y su mayor ausencia, desde el punto de vista funcional se las ha denominado auxiliares pudiendo formar un papel más importante en caso de sección de las poleas principales^{33,57}.

5.2 FORMA DE LAS POLEAS:

Polea A1:

La polea A1 hasta la fecha se ha descrito que puede estar formada por 1, 2 ó 3 partes o anillos^{11,55}. En nuestro estudio coincidiendo con autores como Doyle en los años 2001 y 1998, Strauch and Moura en 1985 y Hunter en 1980, la variabilidad de la forma de la polea A1 ha sido también elevada. Hemos encontrado como novedad no descrita previamente la posibilidad de que la polea A1 puede estar conformada por 4 anillos (Fig 28). Según nuestro diseño de experimentos el número de anillos de la polea A1 en el segundo y quinto dedos es mayor que en el tercero y cuarto y no existen diferencias significativas en el número de anillos de la polea A1 según el lado de la mano.

Las tablas 87 y 88 muestran una comparación de los porcentajes de incidencia del número de anillos en global y por dedo entre nuestro estudio y el publicado por Doyle en 1988¹¹. Analizando este estudio de Doyle llama la atención la posibilidad de un error estadístico porque faltan 2 casos para el total en el segundo dedo y de 1 caso en el cuarto dedo¹¹. Nuestros porcentajes a nivel global son similares a los de Doyle salvo la novedad de los cuatro anillos y se pueden establecer dos normas: 1- la configuración de la polea A1 más frecuente es la de un solo anillo y 2- a medida que aumenta el número de anillos decrece la probabilidad de la presencia de los mismos. Un dato que confirma estas normas es que un 27% de las manos de nuestro estudio tenían las cuatro poleas A1 formadas solamente por un anillo mientras que en un 8.3% de las manos coincidían los cuatro dedos con poleas A1 con más de un anillo.

Teniendo en cuenta el factor dedo, la variabilidad es más elevada y los porcentajes algo más dispares que en la comparativa global, se siguen cumpliendo las dos normas expuestas, excepto en el 5º dedo del estudio de Doyle, donde la configuración en tres anillos es la más frecuente.

Nº ANILLOS EN GLOBAL	DOYLE 1988	DE LAS HERAS 2015
1	59%	64.1%
2	23%	26%
3	13%	8.3%
4	-	1.6%

Tabla 87: comparación del nº de anillos en global entre nuestro estudio y el de Doyle en 1988.

N° ANILLOS POR DEDO	2° DEDO		3ER DEDO		4° DEDO		5° DEDO	
	DOYLE 1998	DE LAS HERAS 2015	DOYLE 1998	DE LAS HERAS 2015	DOYLE 1988	DE LAS HERAS 2015	DOYLE 1988	DE LAS HERAS 2015
1	71.42%	62.5%	75%	72.92%	56.25%	72.92%	33.33%	47.92%
2	14.28%	25%	25%	16.67%	25%	22.92%	26.67%	39.58%
3	0%	10.42%	0%	8.3%	12.5%	4.17%	40%	10.42%
4	-	2.08%	-	2.08%	-	0%	-	2.08%

Tabla 88: comparación del n° de anillos por dedo entre nuestro estudio y el de Doyle en 1988.

El hallazgo novedoso del 4° anillo se ha encontrado en 3 casos como una estructura claramente diferenciada proximalmente del anillo que le precede y distalmente del inicio de la polea A2. La tenosinovitis estenosante o dedo en resorte es una patología frecuente que afecta a la polea A1 que está causada por un problema de tamaño entre los tendones flexores y la primera polea anular. Si el tratamiento conservador no funciona está indicado el tratamiento quirúrgico que consiste en realizar una polectomía A1. Esta polea debería ser liberada completamente para que los síntomas se resuelvan^{70,71}. Los resultados de la polectomía generalmente son excelentes con porcentajes variables según las series^{72,73}. Dentro de las posibles complicaciones, la persistencia del resorte debido a una liberación no completa, aunque poco frecuente, ha sido publicada^{74,75}. La posibilidad de que la polea A1 esté formada por varios anillos y que alguno de ellos pase inadvertido y no liberado quirúrgicamente, a nuestro juicio debe tenerse en cuenta si surge este problema, y más aún con el hallazgo de la posible existencia de cuatro anillos.

Polea A2:

La configuración ha sido constante y muy similar en todos los casos analizados, como ya ha sido descrita previamente por varios autores^{1,3}. Se caracteriza por tener un inicio arciforme formado por gruesas fibras cruciformes que se originan a ambos lados en la zona proximal de la primera falange, aperturas laterales proximales, una zona media larga anular y un final grueso con final ortogonal al eje del dedo. Este final a nuestro juicio es la estructura anatómica más fácil de identificar de todo el canal retinacular, nos ha servido de guía para el comienzo de la disección en la mayoría de los casos y la proponemos como detalle anatómico de referencia en la cirugía abierta si fuese necesario. En todos los casos ha estado formado por un solo anillo de estas características. Coincidiendo con Doyle³ el inicio arqueado lo consideramos como parte esencial de la polea A2 formando un conjunto y no como una polea cruciforme independiente como propuso Lin en 1989³³.

Polea C1:

Es una polea cruciforme con una configuración variable que se encuentra en el tercio distal de la primera falange. Varios autores han descrito la posibilidad de que esté formada por dos bandas cruciformes, por una sola banda oblicua, con forma ipsiliforme y casos aislados con 2 anillos^{1,2,11,21}. La tabla 89 compara los porcentajes de aparición de las distintas formas de la polea C1, dentro de los casos existentes, del estudio de Doyle de 1988 y nuestro estudio. Según Doyle la configuración global más frecuente es la cruciforme con mucha diferencia frente a la oblicua simple e

ipsiliforme¹¹, mientras que en nuestro estudio las formas cruciforme y oblicua simple aparecen con porcentajes más igualados, siendo algo más frecuente la oblicua simple.

FORMAS C1	DOYLE 1988	DE LAS HERAS 2015
X	83.6%	40.7%
S	8.2%	53.1%
Y	8.2%	2.75%
OTROS	-	3.4%
Nº CASOS TOTAL	61	145

Tabla 89: comparación de las formas de la polea C1 entre nuestro estudio y el de Doyle 1988 (X: cruciforme, S: simple oblicua, Y: todas las formas posibles de ipsiliforme).

La tabla 90 muestra una comparación entre el estudio de Doyle 1988 y el nuestro del número de casos de las distintas formas de la polea C1 según el dedo. Se puede deducir que en el estudio de Doyle la configuración más frecuente en todos los dedos es la cruciforme, mientras que en el nuestro es más variable: en el 2º dedo la forma cruciforme también es la más frecuente, en el 3er y 4º dedo el porcentaje de casos de cruciforme y oblicua simple es similar y en el 5º dedo llama la atención el elevado porcentaje de la forma oblicua simple frente a ningún caso encontrado por Doyle. Según nuestro estudio, tratándose de un 2º dedo si existe polea C1 la probabilidad de que tenga configuración entrecruzada es de un 51.4% y oblicua simple de 40.5%, en el 3er dedo estas probabilidades son del 45.9% y 48.6%, en el 4º dedo un 40.5% y 48.6% y en el 5º dedo un 17.6% y 76.5% para ambas formas respectivamente.

FORMAS C1	2º DEDO		3ER DEDO		4º DEDO		5º DEDO	
	DOYLE 1998	DE LAS HERAS 2015	DOYLE 1998	DE LAS HERAS 2015	DOYLE 1988	DE LAS HERAS 2015	DOYLE 1988	DE LAS HERAS 2015
X	10	20	14	18	14	15	13	6
S	3	15	1	18	1	18	0	26
Y	1	2	1	1	1	1	2	0
Nº CASOS TOTAL	14	37	16	37	16	37	15	34

Tabla 90: comparación entre el estudio de Doyle 1988 y el nuestro del número de casos de las distintas formas de la polea C1 según el dedo.

Hemos encontrado 5 casos con una configuración inusual: dos casos con dos poleas cruciformes separadas como si se tratase de dos anillos, un caso con una cruz seguida de una oblicua simple ulnar, un caso con dos oblicuas simples ulnares y otro caso con configuración anular en el teórico sitio de la polea C1. Doyle cuando hace referencia a las variaciones individuales describe un caso con una polea cruciforme accesoria entre C1 y A3¹¹.

Los cuatro casos en que la polea C1 está formada por 2 anillos se han dado cada caso en un número de dedo distinto. Según el diseño de experimentos propuesto, el tipo de dedo no representa diferencias significativas en cuanto al número de anillos pero sí la lateralidad, de tal manera que en la mano izquierda existe una mayor presencia del número de anillos que en la mano derecha.

Polea A3:

Su variabilidad en forma de anillos es pequeña. En nuestro estudio el 88.5% estaba configurada por un solo anillo y solamente en 3 casos por 2

bandas anulares (Fig 42). Estos 3 casos se han localizado en el segundo dedo de la mano izquierda, por tanto, tratándose de un segundo dedo el porcentaje de casos en los que se detectó la presencia de 2 anillos en la polea A3 fue de 6.25% y en la mano izquierda ascendió hasta el 12% de los casos analizados, mientras que esta variabilidad no se ha observado en los demás dedos. Doyle en 1988 dentro de las variaciones individuales incluye un caso de una polea C3 con dos partes y tres casos (en la misma mano) de una polea con forma cruciforme sobre la IFP en la posición que normalmente ocupa la polea A3¹¹.

Polea C2:

Su configuración es poco variable. En 19 casos estaba formada por una sola banda oblicua de orientación ulnar, en 6 casos por una sola banda oblicua de orientación radial y en 1 caso por 2 bandas anulares en el teórico sitio de una polea cruciforme. No se ha encontrado ningún caso con forma cruciforme ni ipsiliforme. En la tabla 60 se muestra la frecuencia de aparición por dedo mientras que en la tabla 91 se muestra la estadística de Doyle en 1988. Destaca el elevado número de formas cruciformes del estudio de Doyle de 1988 y ninguna en el nuestro, aunque en su artículo de 1975 comenta que es la polea cruciforme con menor configuración en cruz². En 1988 hace referencia a la dificultad en la disección de esta zona y a que en una primera observación puede sugerir la presencia de fibras anulares pero que posteriormente las interpreta como oblicuas simples o cruciformes¹¹. Nuestra opinión es que esta es la polea con fibras más finas y debido a esto

la subjetividad en la disección influye más y puede justificar la disparidad en los resultados entre ambos estudios.

FORMAS C2 DOYLE 1988	2°	3 ^{er}	4°	5°
X	6	6	6	5
S	5	6	4	4
Y	1	0	1	0
N° CASOS TOTAL	12	12	11	9

Tabla 91: número de casos por dedo y en total de las posibles formas de C2 en el estudio de Doyle 1988.

Polea A4:

Se trata de una polea con configuración muy típica, como ya ha sido descrita previamente por varios autores^{1,2,3,34}, que destaca en el tercio medio de la segunda falange, contrastando con las poleas cruciformes, por estar formada por un único anillo grueso con inicio ortogonal al eje longitudinal del dedo y con un final variable. En nuestro estudio este final ha tenido 5 formas posibles: 1- ortogonal al eje, 2- oblicuo hacia el lado ulnar, 3- oblicuo hacia el lado radial, 4- en “V” y 5- impresión en el tercio distal una polea cruciforme en forma de cruz. Este solapamiento de fibras ya había descrito previamente^{3,11,34}. A nuestro juicio es la zona del canal retinacular digital en cuya disección puede influir más la subjetividad y la interpretación intra e interobservador.

Polea C3:

Es una polea cruciforme con una configuración variable situada en el tercio distal de la segunda falange que puede estar formada por fibras

cruciformes u oblicuas simples. A menudo se tratan de extensiones prominentes de fibras oblicuas que sobrepasan la A4 y no es siempre una estructura separada^{3,11,21,55}. En la tabla 92 se muestra la comparación de las distintas formas de la polea C3 entre Doyle 1998 y nuestro estudio. La variabilidad es muy elevada, destacando que en el estudio de Doyle 1988 la forma más frecuente es la cruciforme con 78% de los casos presentes mientras que en nuestro estudio lo es la simple oblicua con un 63%. Este mismo autor en 1975 había comentado que la configuración simple ulnar era la más frecuente². Nosotros no hemos encontrado ningún caso de forma de cruz en el 5º dedo y Doyle no encontró ningún caso de oblicua simple en el 4º dedo. En ningún caso ha tenido forma anular ni ha estado formada por más de una banda separada.

FORMAS C3	2º DEDO		3ER DEDO		4º DEDO		5º DEDO	
	DOYLE 1998	DE LAS HERAS 2015	DOYLE 1998	DE LAS HERAS 2015	DOYLE 1988	DE LAS HERAS 2015	DOYLE 1988	DE LAS HERAS 2015
X	7	3	6	8	12	10	7	0
S	4	12	5	15	0	13	4	8
Y	0	1	3	4	0	1	0	1
Nº CASOS TOTAL	11	21	14	26	12	21	11	8

Tabla 92: comparativa de las distintas formas de la polea C3 entre Doyle 1998 y nuestro estudio (X: cruz; S: simple oblicua; Y: todas las ipsiliformes).

Polea A5:

Es una polea con configuración poco variable. Su forma es anular, fina y corta con los bordes inicial y final ortogonales al eje, conformando el final del canal retinacular, como describe Hunter en su descripción inicial y

corroboran otros autores posteriormente^{21,32,35,55}. Su variabilidad en forma de anillos en nuestro estudio ha sido pequeña. Solamente hemos encontrado 2 casos que estaba formada por 2 bandas anulares y han sido en el cuarto dedo. Por tanto, tratándose de un 4º dedo la frecuencia de casos observados de 2 anillos en la polea A5 fue de 4.17%, mientras que esta variabilidad no se ha observado en los demás dedos. Doyle en 1988 en sus variaciones individuales describe también un caso de polea A5 con dos anillos y además otro caso de polea A5 con forma ipsiliforme¹¹, posibilidad que nosotros no hemos encontrado.

5.3 TAMAÑO DE LAS POLEAS:

La polea A2 ha sido la más larga y la seguían en orden decreciente de longitud media A1, A4 y C1 con la misma longitud media, C3, C2 y la más corta A5. La longitud de las poleas seguía una distribución normal en todas excepto en la polea A2 que era bimodal, centrada en 10mm y 18mm, y un patrón exponencial para la polea A4 (Fig 57-64).

No existe ningún estudio previo en el que se describa el sistema de medición de las poleas que se ha llevado a cabo y son escasos los artículos que hacen referencia a la longitud de las mismas. Según Doyle en 1975 la polea A1 mide entre 8-10 mm y la polea A4 tiene una longitud media 7.91 mm². Según Moutet en 2003 la longitud media de la polea A2 es 16.8 mm¹. Los datos de la longitud media de nuestro estudio son muy parecidos a los publicados anteriormente.

El diseño de experimentos construido en el que se valora la longitud respecto a la lateralidad, tipo dedo y número de anillos nos aporta una serie de datos interesantes. En la polea A1 han existido diferencias significativas según el dedo y el número de anillos de la mano, siendo mayor la longitud total en los dedos segundo y tercero y en el grupo formado por aquellos dedos en los cuales se detectó tres o más anillos. No existían diferencias significativas en la longitud de la polea A1 en cuanto a la mano derecha o izquierda. En la polea A2 tampoco existieron diferencias en cuanto a la lateralidad pero sí diferencias según el dedo, siendo menor la longitud total para el quinto dedo. Respecto a la polea A3 y A5 se asume la hipótesis de igualdad de varianzas por lo que no existieron diferencias significativas. En la polea A4 no había diferencias en cuanto a la lateralidad y dudosas en cuanto al dedo. Solamente uno de los test aplicados detecta diferencias en un grupo formado por los dedos tercero y cuarto, siendo su longitud mayor que la del grupo formado por el segundo y quinto, por lo que hay que considerar con cautela la validez de este resultado.

Aplicando nuestro diseño en las poleas cruciformes, en la polea C1 la longitud fue sensiblemente mayor cuanto mayor era el número de anillos, con un promedio de 7.8 mm en el caso de un único anillo y 11.35 mm en el caso de doble anillo y mayor en la mano izquierda (con un promedio de 9.94 mm) que en la mano derecha (9.22 mm), mientras que no existían diferencias según el dedo y la forma de la polea. En la polea C2 no hubo diferencias según el dedo y la mano y dudosas según la forma de la polea: la longitud fue mayor en poleas de tipo SR (con un promedio de 2.01 mm) que

en poleas de tipo SU (1.747 mm). Respecto al número de anillos hay que tener en cuenta que únicamente hubo un caso con presencia de doble anillo. Por último en la polea C3 no existieron diferencias en el tipo de polea, lateralidad ni número de anillos y sí en el tipo de dedo: un test detecta que la longitud es sensiblemente mayor para el dedo tercero con respecto al dedo quinto y otro señala la existencia de dos grupos, siendo el de mayor longitud el grupo formado por los dedos tercero y cuarto con respecto del grupo formado por los dedos quinto, segundo y cuarto.

5.4 ESPACIO ENTRE LAS POLEAS:

El estudio de la variabilidad del espacio entre poleas, su presencia, tamaño y tipo de poleas que lo conforman es importante tanto desde el punto de vista anatómico como clínico. Existen diversas patologías que se desarrollan en estos espacios o cercanas a ellos y un mejor conocimiento de los mismos puede ayudar en la toma de decisiones.

Respecto al espacio entre la polea A1 y A2, estamos de acuerdo con los autores que afirman que existen suficientes diferencias anatómicas entre las poleas A1 y A2 para considerar estas dos estructuras como poleas separadas^{4,9,21,26,27,28,29,30,31,32}. El inicio tan característico de la polea A2 formado por un conjunto de fibras arciformes que se entrecruzan en la zona media lo diferencia claramente del final de la polea A1 (Fig 31). En algo más del 80% de nuestros casos existió espacio entre A1 y A2, con una longitud media de 2.76 mm, mientras que en el 18% dichas poleas estaban dispuestas de forma consecutiva, siendo este detalle más frecuente en el 2º y 3º dedos

(25% y 23% respectivamente). Nuestros datos son parecidos a los publicados por Doyle en 1989⁵⁵, donde describe una separación de 1 a 3 mm entre ambas poleas en el 80% de los casos, mientras que difieren de los encontrados por Strauch y Moura en 1985, que concluyen que en la mayoría de los casos (65%) no había separación entre A1 y A2²⁰. El conocimiento de esta región anatómica es de especial importancia en la polectomía A1 debido a que si se prolonga la incisión longitudinal y de manera inadvertida se realiza una sección iatrogénica amplia de la polea A2, se puede ocasionar una insuficiencia de la polea A2 y la subsiguiente cuerda de arco con la repercusión que conlleva. Esta grave complicación ha sido publicada y su porcentaje de aparición es muy variable dependiendo de las series⁷⁶⁻⁷⁹. Asimismo, en las últimas décadas ha habido un auge de la polectomía percutánea. Una de las técnicas empleadas es introducir un gancho que contiene un bisturí en su borde convexo en el teórico espacio entre la polea A1 y A2 y realizar la polectomía de distal a proximal⁸⁰⁻⁸². Para estas técnicas quirúrgicas y otras realizables sobre esta región queremos llamar la atención sobre el detalle de que las poleas A1 y A2 están contiguas en alrededor del 25% de los casos en el 2º y 3º dedo.

El ganglión de la vaina de los flexores de los dedos es el tumor benigno más frecuente de los dedos cuya localización más frecuente es la cara volar de la articulación metacarpofalángica y falange proximal y de forma típica el espacio entre la polea A1 y A2^{83,84}. Su etiología es desconocida, no parece ser una herniación de la vaina sinovial ya que no está recubierto por sinovial⁸⁵. Se ha descrito un mecanismo valvular entre la

vaina y el ganglión⁸⁶. El tratamiento quirúrgico habitual es la exéresis del mismo junto con una porción de la vaina en forma de cuadrado alrededor del pedículo para evitar su recidiva^{83,87,88}. Ampliar el conocimiento anatómico de esta zona puede ser válido a la hora de la cirugía.

Respecto al resto de los espacios entre las otras poleas no existe material bibliográfico con el que se puedan realizar comparaciones. Su estudio anatómico y análisis estadístico nos parece interesante porque además de mejorar el conocimiento anatómico, puede servir de ayuda en patologías relacionadas con las poleas, tanto traumática como ortopédica.

Las poleas A2 y C1 con más frecuencia (88%) han aparecido contiguas con una distribución similar según el dedo. Cuando ha existido espacio entre estas poleas, la distancia ha sido importante, con una media de casi 6 mm, con una probabilidad similar por dedo excepto en el 5º dedo, donde solo se ha presentado un caso.

Cuando existen las poleas C1 y A3, lo más frecuente (84%) han sido que se encuentren separadas por un espacio que tenía una longitud media de 4 mm, con una distribución similar por dedo, excepto en el 5º dedo, donde era más frecuente que estuviesen contiguas.

En los casos que existían la polea A3 y C2, con más frecuencia ha habido un pequeño espacio entre ambas, mientras que con la polea A4 ha sido algo más frecuente la continuidad.

En aquellos casos que no existía la polea C1 y/o A3 y/o C2, se han hallado todas las combinaciones posibles, incluso un gran espacio entre las poleas A2 y A4 con una longitud media de 18 mm.

El espacio entre las poleas A4 y C3, además de ser difícil su identificación como se ha comentado anteriormente, con más frecuencia (95%) no ha existido, habiendo continuidad entre ambas poleas. Si no existía la polea C3, con más frecuencia ha habido un pequeño espacio entre las poleas A4 y A5. Cuando han existido las poleas C3 y A5, ha sido más frecuente que apareciesen contiguas.

El final del canal retinacular lo ha marcado el final de la polea A5 en el 51.5% de los casos, con una distancia media a la punta del pulpejo de 24 mm y con una distribución similar por dedo. En un 16% el final del canal retinacular lo ha constituido el final de la polea C3, tal y como lo describió inicialmente Doyle y Blythe en 1975, con una distancia media a la punta del pulpejo de 25 mm. El borde distal de la polea A4 representó el final de la porción retinacular del canal digital en un 31.25%, quedando a una longitud media de la punta del pulpejo de 29.20 mm.

La mejoría en el conocimiento anatómico de la incidencia, forma y tamaño de las poleas y los espacios entre ellas puede servir de utilidad cuando se usa la vaina tendinosa en la reconstrucción de estructuras dañadas. Es bien conocido que las poleas se anclan firmemente a las falanges y a las placas palmares articulares, que su capa intermedia es fuerte y que no todas son requeridas para la función biomecánica principal de mantener el momento de fuerza de los tendones flexores. Debido a estas características varios autores han señalado que las poleas pueden ser usadas para reconstruir varias estructuras y funciones en los dedos^{57,89}. En la reconstrucción de la vaina se pueden utilizar como colgajos para reparar

las poleas A2 y A4 dañadas⁹⁰⁻⁹² y en las tenodesis y transferencias tendinosas como anclajes⁵⁷. Han sido utilizadas mediante varias técnicas para la reconstrucción de la garra ulnar y de la deformidad en cuellos de cisne^{93,94}. La polea A1 ha sido utilizada para reconstruir el ligamento intermetacarpiano transversal en amputaciones del rayo y deformidades congénitas^{57,95}. La vaina retinacular también ha sido usada para recubrir reparaciones tendinosas y defectos periósticos con el objetivo de disminuir las adherencias^{96,97}. Existe potencial para un mayor uso de la vaina flexora digital en cirugía reconstructiva⁵⁷.

5.5 PATRON DE POLEAS:

La variabilidad de los patrones encontrados ha sido elevada. No existe en la bibliografía un estudio sobre este tema con el que se pueda comparar. Se han diseccionado 24 patrones digitales distintos. El patrón de poleas más frecuente ha sido el formado por A1-A2-C1-A3-A4 con un 18.22%. En segundo lugar el formado por A1-A2-C1-A3-A4-C3-A5 con un 16.14% y en tercer lugar el formado por A1-A2-C1-A3-A4-A5 con un 14.58%. Este último patrón sin poleas cruciformes se ha hallado con elevada incidencia en el quinto dedo. Estos tres primeros son los que más destacan en incidencia respecto al resto. Teniendo en cuenta el dedo, en el segundo y quinto dedos han sido más frecuente la ausencia de A5, por lo que el patrón más frecuente ha sido A1-A2-C1-A3-A4, en el tercer dedo fue más frecuente la presencia de C3, por lo que el patrón más frecuente encontrado ha sido A1-

A2-C1-A3-A4-C3-A5 y en el cuarto dedo el patrón global ha sido el más frecuente.

Solamente se han encontrado 3 dedos (1.56%) con todas las poleas posibles presentes y han sido en el tercer dedo (Fig 55), mientras que el patrón mínimo de poleas posible ha sido de tres poleas (A1-A2-A4), que se ha encontrado en 2 quintos dedos (1.04%). Esto último corrobora que las poleas más importantes desde el punto de vista biomécanico son A1, A2 y A4. La variabilidad del patrón dentro de la misma mano ha sido muy alta ya que solo ha habido 3 manos (6.25%) en las que el patrón de poleas en los cuatro dedos trifalángicos haya sido el mismo.

6. CONCLUSIONES

A continuación exponemos las conclusiones basadas en los resultados de nuestro estudio. Se mantiene el esquema de la descripción de cada polea, de tal manera que primero se detallan las conclusiones sobre la incidencia, luego de la forma, posteriormente del tamaño y para finalizar del patrón.

Respecto a la incidencia:

1. La variabilidad del sistema de poleas del canal digital de los dedos trifalángicos en los humanos es elevada. Existen diferencias considerables tanto en la incidencia, forma y tamaño dependiendo del tipo de polea, dedo y mano.
2. Las poleas A1, A2 y A4 se han encontrado presentes en todos los casos analizados, corroborando que son las más importantes para la biomecánica.
3. La polea C1 ha estado presente en el 75% de los casos analizados, siendo significativamente más frecuente en el lado izquierdo.
4. La polea A3 se ha encontrado presente en el 90%. Su ausencia ha sido significativamente mayor en el 5º dedo y en la mano derecha.
5. La polea C2 se ha encontrado presente solamente en el 13.5% de los casos analizados, siendo la de mayor porcentaje de ausencia. Esta polea ha tenido la incidencia más discrepante respecto a lo publicado hasta la actualidad.
6. La polea C3 se ha encontrado presente en el 40% de los casos analizados. Ha sido menos frecuente en el 5º dedo, existiendo diferencias significativas que se deben tomar con cautela.

7. Se ha detectado la presencia de la polea A5 en un 51.5% de los casos analizados y significativamente más frecuente en el lado derecho.

Respecto a la forma:

8. La variabilidad de la forma de la polea A1 ha sido elevada. La configuración más frecuente es la de un solo anillo. Hemos encontrado como novedad no descrita previamente la posibilidad de estar conformada por cuatro anillos en 3 casos.
9. La configuración de la polea A2 ha sido constante. Su grueso final a nuestro juicio es la referencia anatómica más sencilla de identificar de todo el canal retinacular.
10. La polea A4 ha estado formada por un único anillo grueso con final variable. Ha sido la zona del canal retinacular digital en cuya disección puede influir más la subjetividad.

Respecto a la longitud:

11. La polea A2 ha sido la más larga y la siguieron en orden decreciente de longitud media A1, A4 y C1 con la misma longitud media, C3, C2 y como más corta A5.
12. Ha existido espacio entre A1 y A2 en algo más del 80% de los casos. La contigüidad de estas poleas ha sido más frecuente en el 2º y 3º dedos (25% y 23% respectivamente).
13. El final del canal retinacular lo ha marcado la polea A5 en el 51.5%, la polea A4 en un 31.25% y la polea C3 en un 16%.

Respecto al patrón de poleas:

14. La variabilidad de los patrones encontrados ha sido elevada, habiendo encontrado 24 patrones distintos. El patrón global más frecuente ha sido el formado por A1-A2-C1-A3-A4 con un 18.22%.
15. Solamente se han encontrado 3 dedos con todas las poleas posibles presentes y han sido en el tercer dedo. El patrón mínimo de poleas posible ha sido de tres poleas (A1-A2-A4), que se ha encontrado en 2 quintos dedos.
16. La variabilidad del patrón dentro de la misma mano ha sido muy alta. Solo ha habido 3 manos (6.25%) en las que el patrón de poleas en los cuatro dedos trifalángicos haya sido el mismo.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Moutet F. Les poulies de l'appareil fléchisseur: anatomie, pathologies, traitement. Flexor tendon pulley system: anatomy, pathology, treatment. *Chir Main.* 2003;22:1-12.
2. Doyle JR, Blythe W. The finger flexor tendon sheath and pulleys: anatomy and reconstruction. *AAOS Symposium on Tendon Surgery in the Hand.* Saint Louis: CV Mosby Co; 1975. p. 81–7.
3. Doyle JR. Palmar and digital flexor tendon pulleys. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;383:84-96
4. Idler RS: Anatomy and biomechanics of the digital flexor tendons. *Hand Clin.* 1985;1:3-12.
5. Lundborg G, Myrhage R. The vascularization and structure of the human digital tendon sheath as related to flexor tendon function. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1977;11:195-203.
6. Webbe M, Hunter JM. Flexor tendon gliding in the hand. Part I, in vivo excursions. *J Hand Surg Am.* 1985;10A:570-574.
7. Sbernardori MC, Fenu G, Pirino A, Fabbriaciani C, Montella A. Histogenesis and morphology of the flexor tendon pulley system in the human embryonic hand. *J Hand Surg Br.* 2000;25B:175–9.
8. Kline SC, Moore JR. The transverse carpal ligament. An important component of the digital flexor pulley system. *J Bone Joint Surg.* 1992;74A:1478-1485
9. Manske PR, Lesker PA. Palmar aponeurosis pulley. *J Hand Surg Am.* 1983;8:259-63.

10. Doyle JR. Anatomy and function of the palmar aponeurosis pulley. *J Hand Surg Am.* 1990;15A:78-82.
11. Doyle JR: Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. *J Hand Surg Am.* 1988;13A:473-484.
12. Boyes JH, Stark HH. Flexor tendon grafts in the fingers and thumb. *J Bone Joint Surg Am.* 1971;53:1332-42.
13. Littler JE. Free tendon grafts in secondary flexor tendon repair. *Am J Surg.* 1947;74:315-21.
14. Rank BK, Wakefield AR, Hueston JT. Surgery of repair as applied to hand injuries. Ed 4. Baltimore: The Williams & Wilkins Co; 1973.
15. Hume EL, Hutchinson DT, Jaeger SA, et al. Biomechanics of pulley reconstruction. *J Hand Surg Am.* 1991;16:722-730.
16. Lin GT, Amadio PC, An KN, Cooney WP, Chao, EY. Biomechanical analysis of finger flexor pulley reconstruction. *J Hand Surg Br.* 1989;14B:278-82.
17. Peterson WW, Manske PR, Bollinger BA, et al. Effect of pulley excision on flexor tendon biomechanics. *J Orthop Res.* 1986;4:96-101.
18. Fussey JM, Chin KF, Gogi N, Gella S, Deshmukh SC. An anatomic study of flexor tendon sheaths: a cadaveric study. *J Hand Surg Eur.* 2009;34(6):762-5.
19. Cohen MJ, Kaplan L. Histology and ultrastructure of the human flexor tendon sheath. *J Hand Surg Am.* 1987;12A:25-29.

20. Strauch B, de Moura W. Digital flexor tendon sheath: an anatomic study. *J Hand Surg Am.* 1985;10A:785-789.
21. Hunter Jm, Cook JF, Ochiai N, Konikoff J, Merklin RJ, Mackin EA. The pulley system. *Proceedings of the American Society for Surgery of the Hand Orthop Trans.* 1980;4:4.
22. Bunnell SB: Tendons. In: Bunnell SB (ed). *Surgery of the Hand.* Ed I. Philadelphia: JB Lippincott;1944. p. 277-278.
23. Barton NJ. Experimental study of optimal location of flexor tendon pulleys. *Plast Reconst Surg.* 1969;43:125-9.
24. De la Caffinière JY. Anatomie fonctionnelle de la poulie proximal des doights. *Arch Anat Pathol.* 1971;19:357-66.
25. Verdan CE. Half a century of flexor-tendon surgery, current status and changing philosophies. *J Bone Joint Surg.* 1972;54A:472-91.
26. Kleinert HE, Lubahn JD. Current state of flexor tendon surgery. *Ann Chir Main.* 1984;3:7-17.
27. Strickland JW. Flexor tendon repair. *Hand Clinics.* 1985;1:55-67.
28. Strickland JW. Flexor tendon injuries. *Orthop Rev.* 1986;15:21-34.
29. Knott C, Schmidt. The fibrous reinforcing arrangement of the digital peritenons in the human hand. *Gegenbaurs morph Jahrb.* 1986;132:1-28.
30. Lister GD. Indications and techniques for repair of the flexor tendon sheath. *Hand Clinics.* 1985;1:85-95.

31. Lundborg G, Myrhage R. The vascularization and structure of the human digital tendon sheath as related to flexor tendon function. *Scan J Plast Reconstr Surg.* 1977;11:195-203.
32. Schneider LH, Hunter JM. Flexor tendons - late reconstruction. In: Green DP, ed. *Operative hand surgery.* New York: Churchill Livingstone; 1982. p. 1423.
33. Lin G-T, Amadio PC, An K-N, et al. Functional anatomy of the human digital flexor pulley system. *J Hand Surg Am.* 1989;14A:949-956.
34. Hunter JM. Anatomy of flexor tendons: pulley, vincula, synovia, and vascular structures. In: Spinner M, editor. *Kaplan's Functional and Surgical Anatomy of the Hand.* 3rd Ed. Philadelphia: JB Lippincott; 1984. p. 65–92.
35. Kleinert HE; Broudy AS. Direct repair and dynamic splinting of flexor tendon lacerations. In: *Clinical biomechanics.* New York: Churchill-Livingstone; 1981. p. 1-23.
36. Azar C, Fleegler EJ, Culver JE. Dynamic anatomy of the flexor pulley system of the fingers and thumb. Presented at 39th annual meeting of the American Society for Surgery of the Hand; 1984; Atlanta.
37. Schuind F, Garcia-Elias M, Cooney WP, An KN. Flexor tendon forces: in vivo measurements. *J Hand Surg Am* 1992;17A:291–8.

38. Mitsionis G, Fischer KJ, Bastidas JA, Grewal R, Pfaeffle HJ, Tomaino MM. Feasibility of partial A2 and A4 pulley excision: residual pulley strength. *J Hand Surg Br.* 2000;25B:90–4.
39. Tang JB. The double sheath system and tendon gliding in zone 2c. *J Hand Surg Br.* 1995;20B:281–5.
40. Savage R. The mechanical effect of partial resection of the digital fibrous flexor sheath. *J Hand Surg Br.* 1990;15B:435–42.
41. Brand PW: Muscles: The Motors of the Hand. In: Brand PW, Hollister a (eds). *Clinical Mechanics of the Hand.* Ed 2. St Louis: Mosby-Year Book; 1993. p. 23-29.
42. Amis AA, Jones MM: The interior of the flexor tendon sheath of the finger. The functional significance of its structure. *J Bone Joint Surg.* 1988;70B:583-587.
43. Sañudo JR, Vázquez R, Puerta J. 2003. Meaning and clinical interest of the anatomical variations in the 21st century. *Eur J Anat. (Suppl 1):*1–3.
44. Kaissar Y. Evidence-Based Anatomy. *Clin Anat.* 2014;27:847–852.
45. Hast MH, Garrison DH. 2000. Vesalius on the variability of the human skull: Book I of the *Humani corporis fabrica.* *Clin Anat.* 13:311–320.
46. Bergman RA, Thompson SA, Afifi AK, Saadeh FA. *Compendium of Human Anatomic Variations.* Baltimore-Munich: Urban & Schwarzenberg; 1988.

47. Bergman RA, Afifi AK, Miyauchi R. Illustrated encyclopaedia of human anatomic variations 2002. Accessed in November 2013.
48. Yammine K. The prevalence of Os acromiale: A systematic review and meta-analysis. *Clin Anat.* 2014;27:610–621.
49. Bruser P. Treatment errors in hand surgery. Comparison criteria for education in hand surgery and additional training in hand surgery based on error statistics of Chamber of Medicine, North Rhine-Westphalia. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2011;43:9–14.
50. Khan IH, Giddins G. Analysis of NHSLA claims in hand and wrist surgery. *J Hand Surg Eur.* 2010;35:61–64.
51. Regenbogen SE, Greenberg CC, Studdert DM, Lipsitz SR, Zinner MJ, Gawande AA. Patterns of technical error among surgical malpractice claims: An analysis of strategies to prevent injury to surgical patients. *Ann Surg.* 2007;246:705–711.
52. Leppaniemi A, Clavien PA. Reporting complications and outcome, are we there yet? *Scand J Surg.* 2013;1102:219–220.
53. Slankamenac K, Graf R, Barkun J, Puhan MA, Clavien PA. The comprehensive complication index: A novel continuous scale to measure surgical morbidity. *Ann Surg.* 2013;258:1–7.
54. Jones DG, Dias GJ, Mercer S, Zhang M and Nicholson HD. Clinical anatomy research in a research-driven anatomy department. *Clin Anat.* 2002;15:228-232.
55. Doyle JR. Anatomy of the flexor tendon sheath and pulley system: a current review. *J Hand Surg Am.* 1989;14A:349-350.

56. Kleinert HE, Schepel S, Gill T. Flexor tendon injuries. *Surg Clin North Am.* 1981;61:267–86.
57. Lowrie AG, Lees VC. Considerations in the surgical use of the flexor sheath and pulley system. *J Hand Surg Eur.* 2014;39(1):54-59.
58. Omakawwa S et al. The anatomical basis for Reverse first to fifth Dorsal metacarpal Arterial Flaps. *J Hand Surg Br.* 2005;30B:1:40-44.
59. Arria P, Gilbert A. Dorsal interosseous arteries of the hand. In: Gilbert A, Masquelet AC, Hentz VR (Eds). *Pedicle flaps of the upper limb.* London: Martin Dunitz; 1992. p. 155–168.
60. Zao CF, Amadio PC, Berglund L, An KN. The A3 pulley. *J Hand Surg* 2000;25A:270–276.
61. Marco RA, Sharkey NA, Smith TS, Zissimos AG. Pathomechanics of closed rupture of the flexor tendon pulleys in rock climbers. *J Bone Joint Surg.* 1998;80A:1012–1019.
62. Rispler D, Greenwald D, Shumway S, Allan C, Mass D. Efficiency of the flexor tendon pulley system in human cadaver hands. *J Hand Surg.* 1996;21A:444–450.
63. Timothy P. Crowley. The Flexor Tendon Pulley System and Rock Climbing. *J Hand Microsurg.* 2012; 4(1): 25–29.
64. Shea KG, Shea OF, Meals RA. Manual demands and consequences of rock climbing. *J Hand Surg.* 1992;17A:200–205.

65. Schöffl V, Hochholzer T, Winkelmann HP, Strecker W. Pulley injuries in rock climbers. *Wilderness Environ Med.* 2003;14:94–100.
66. Schöffl VR1, Schöffl I. Injuries to the finger flexor pulley system in rock climbers: current concepts. *J Hand Surg Am.* 2006 Apr;31(4):647-54.
67. Peterson WW, Manske PR, Bollinger BA, Lesker PA, McCarthy JA. Effect of pulley excision on flexor tendon biomechanics. *J Orthop Res* 1986;4A: 96–101.
68. Tomaino M, Mitsionis G, Basitidas J, Grewal R, Pfaeffle A. The effect of partial excision of the A2 and A4 pulleys on the biomechanics of finger flexion. *J Hand Surg Br.* 1998;23: 50–2.
69. Hoving EW, Hillen B. Functional anatomy of the vagina fibrosa of the flexors of the fingers. *J Hand Surg Br.* 1989;14: 99–101.
70. Ryzewick M, Moriatis J. Trigger Digits: Principles, Management and Complications. *J Hand Surg Am.* 2006;31(1):135-146.
71. Sampson SP, Badalamente MA, Hurst LC, Seidman J. Pathobiology of the human A1 pulley in trigger finger. *J Hand Surg.* 1991;16A:714-721.
72. Turwiski GA, Zdankiewicz PD, Thomson JG. The results of surgical treatment of trigger finger. *J Hand Surg.* 1997;22A:145-149.

73. Lange-Riess D, Schuh R, Honle W, Schuh A. Long-term results of surgical release of trigger finger and trigger thumb in adults. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2009;129:1617-1619.
74. Will R, Lubahn J. Complications of open trigger finger release. *J Hand Surg.* 2010;35A:594-596.
75. Bruijnzeel H, Neuhaus V, Fostvedt S, Jupiter JB, Mudgal CS, Ring DC. Adverse events at open A1 pulley release for idiopathic trigger finger. *J Hand Surg.* 2012;37A:1650-1656.
76. Everding NG, Bishop GB, Belyea CM, Soong MC. Risk factors for complications of open trigger finger release. *Hand.* 2015;10(2):297-300.
77. Wolfe SW. Tendinopathy. In: Wolfe SW, Hotchkiss RN, Pederson WC, Kozin SH (Eds). *Green's operative hand surgery.* Vol. 2. 6th edn. New York: Elsevier; 2011.
78. Bruijnzeel H1, Neuhaus V, Fostvedt S, Jupiter JB, Mudgal CS, Ring DC. Adverse events of open A1 pulley release for idiopathic trigger finger. *J Hand Surg Am.* 2012;37(8):1650-6.
79. Heithoff SJ, Millender LH, Helman J. Bowstringing as a complication of trigger finger release. *J Hand Surg Am.* 1988;13(4):567-70.
80. Lim MH1, Lim KK, Rasheed MZ, Narayanan S, Beng-Hoi Tan A. Outcome of open trigger digit release. *J Hand Surg Eur.* 2007;32(4):457-9.

81. Rojo Manaute JM, Soto VL, De las Heras Sánchez-Heredero J, Del Valle Soto M, Del Cerro Gutiérrez M, Vaquero Martín J. Percutaneous intrasheath ultrasonographically guided first annular pulley release: anatomic study of a new technique. *J Ultrasound Med.* 2010;29(11):1517-29.
82. Rojo Manaute JM, Rodríguez Maruri G, Capa Grasa A, Chana Rodríguez F, Del Valle Soto M, Vaquero Martín J. Sonographically guided intrasheath percutaneous release of the first annular pulley for trigger digits, part 1: clinical efficacy and safety. *J Ultrasound Med.* 2012;31(3):417-24.
83. Bittner JG, Kang R, Stern PJ. Management of flexor tendon sheath ganglions: a cost analysis. *J Hand Surg.* 2002;27A:586–90.
84. Jebson PJ, Spencer EE Jr. Flexor tendon sheath ganglions: results of surgical excision. *Hand.* 2007;2(3):94-100.
85. Lawson GM, Salter DM, Hooper G. The histopathology of fibrous flexor sheath ganglia. *J Hand Surg.* 1994;19B:258–60.
86. Angelides AC, Wallace PF. The dorsal ganglion of the wrist: Its pathogenesis, gross and microscopic anatomy, and surgical treatment. *J Hand Surg.* 1976;1:228–35.
87. Abe Y, Watson HK, Renaud S. Flexor tendon sheath ganglion: analysis of 128 cases. *Hand Surg.* 2004;9:1–4.
88. Athanasian EA. Ganglions and mucous cysts. In: Wolfe SW, Hotchkiss RN, Pedersen WC, Kozin SH, editors. *Green's operative*

- hand surgery. 6th ed. New York: Elsevier Churchill Livingstone; 2011. p. 2150–2160.
89. Dy CJ, Daluiski A. Flexor pulley reconstruction. *Hand Clin.* 2013;29(2):235-42.
90. Clark TA, Skeete K, Amadio PC. Flexor tendon pulley reconstruction. *J Hand Surg Am.* 2010;35:1685–9.
91. Dona E, Walsh WR. Flexor tendon pulley V-Y plasty: an alternative to pulley venting or resection. *J Hand Surg Br.* 2006;31:133–7.
92. Paillard PJ, Amadio PC, Zhao C, Zobitz ME, An KN. Pulley plasty versus resection of one slip of the flexor digitorum superficialis after repair of both flexor tendons in zone II: a biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84:2039–45.
93. Zancolli E. Intrinsic paralysis of the ulnar nerve – physiopathology of the claw hand. In: *Structural and dynamic bases of hand surgery.* 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott; 1979. p. 159–206.
94. Catalano LW, Skarparis AC, Glickel SZ et al. Treatment of chronic, traumatic hyperextension deformities of the proximal interphalangeal joint with flexor digitorum superficialis tenodesis. *J Hand Surg Am.* 2003;28:448–52.
95. Ogino T. Cleft hand. *Hand Clin.* 1990;6:661–71.
96. Tang JB, Seiichi I, Masamichi U. Surgical management of the tendon sheath at different repair stages. *Biomechanical and*

morphological evaluations of direct sheath closure, partial sheath excision, and interposing sheath grafting. *Chin Med J (Engl)*. 1990;103:295–303.

97. Varey AH, Hughes JM, Devaraj VS. Use of the A3 pulley as an interposition flap to cover periosteal defects. *J Hand Surg Eur*. 2009;34:542–3.

8. ANEXO

	DIST A1-P				
	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango
2°	86,70	7,93	69,41	102,75	33,34
3°	97,06	8,17	80,37	113,06	32,69
4°	92,79	7,90	74,38	108,24	33,86
5°	73,56	7,00	56,93	88,55	31,62

Tabla 3: distancia A1-pulpejo por dedo (los datos de todas las medidas expresados en milímetros).

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	I.C.(95%)*
A1	192	1	4	1.47	0.716	[1.37,1.58]
A2	192	1	1	1.00	0.00	[1,1]
A3	192	0	2	0.92	0.329	[0.87,0.96]
A4	192	1	1	1.00	0.00	[1,1]
A5	192	0	2	0.53	0.52	[0.45, 0.60]
N válido (según lista)	192					

Tabla 4: estadísticos más relevantes del número de anillos de cada una de las poleas anulares. Se puede destacar que únicamente en la polea A1 se

presentaron casos con más de 2 anillos. *I.C.(95%): Intervalo de confianza para la media al 95%.

N	Válidos	192
	Perdidos	0
Media		8,7070
Desv. típ.		2,72851
Rango		12,75
Mínimo		3,00
Máximo		15,75

Tabla 5: longitud de la polea A1 en general.

		LONGITUD A1				
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango
DEDO	2º	9,68	2,82	4,13	15,22	11,09
	3º	9,49	2,71	5,24	15,75	10,51
	4º	8,40	2,47	5,15	14,05	8,90
	5º	7,26	2,24	3,00	15,18	12,18

Tabla 6: longitud de la polea A1 por dedo.

		LON_A1
N		192
Parámetros normales ^{a,b}	Media	8,7070
	Desviación típica	2,72851
Diferencias más extremas	Absoluta	,065
	Positiva	,065
	Negativa	-,041
Z de Kolmogorov-Smirnov		,898
Sig. asintót. (bilateral)		,395

Tabla 7: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para la longitud de A1.

N	Válidos	123
	Perdidos	0
Media		8,3263
Desv. típ.		2,74350
Rango		12,75
Mínimo		3,00
Máximo		15,75

Tabla 8: longitud en global cuando la polea A1 está formada por un anillo.

		LONGITUD A1					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	8,95	2,94	4,13	14,80	10,67	30
	3°	8,85	2,67	5,24	15,75	10,51	35
	4°	8,10	2,41	5,15	14,05	8,90	35
	5°	7,06	2,76	3,00	15,18	12,18	23

Tabla 9: longitud por dedo cuando la polea A1 está formada por un anillo.

LONGITUD 1^{ER} ANILLO

N	Válidos	50
	Perdidos	0
Media		5,2726
Desv. típ.		1,79380
Rango		6,49
Mínimo		2,62
Máximo		9,11

Tabla 10: longitud en global del primer anillo de A1 en los casos que está formada por dos anillos.

LONGITUD 2° ANILLO

N	Válidos	50
	Perdidos	0
Media		3,8422
Desv. típ.		1,88625
Rango		8,48
Mínimo		1,03
Máximo		9,51

Tabla 11: longitud en global del segundo anillo de A1 en los casos que está formada por dos anillos.

		LONGITUD 1 ^{ER} ANILLO					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	5,93	1,74	3,89	8,45	4,56	12
	3°	6,27	1,74	3,79	8,51	4,72	8
	4°	5,14	2,26	2,76	9,11	6,35	11
	5°	4,52	1,24	2,62	7,84	5,22	19

Tabla 12: longitud por dedo del primer anillo de A1 en los casos que está formada por dos anillos.

		LONGITUD 2° ANILLO					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	4,92	1,99	2,25	9,51	7,26	12
	3°	4,55	2,38	2,03	8,07	6,04	8
	4°	3,88	1,57	2,14	7,90	5,76	11
	5°	2,84	1,29	1,03	4,84	3,81	19

Tabla 13: longitud por dedo del segundo anillo de A1 en los casos que está formada por dos anillos.

DISTANCIA A11-A12

N	Válidos	36
	Perdidos	0
Media		1,3708
Desv. típ.		1,10487
Rango		4,78
Mínimo		,27
Máximo		5,05

Tabla 14: distancia en global entre el primer (A11) y segundo anillo (A12) de la polea A1 cuando está formada por dos anillos. No se tiene en cuenta los casos en los cuales la distancia era 0 (consecutivos).

		DISTANCIA A11-A12					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	1,19	,73	,55	2,72	2,17	8
	3°	1,18	,57	,27	1,78	1,51	6
	4°	,97	,65	,34	2,07	1,73	6
	5°	1,68	1,47	,32	5,05	4,73	16

Tabla 15: distancia por dedo entre el primer y segundo anillo de la polea A1 cuando está formada por dos anillos. No se tiene en cuenta los casos en los cuales la distancia era 0.

		LON_A11	LON_A12	LON_A13
N	Válidos	16	16	16
	Perdidos	0	0	0
Media		3,4938	3,4994	2,7863
Desv. típ.		1,55813	1,44893	1,36425
Rango		4,52	5,76	4,31
Mínimo		1,45	,99	1,41
Máximo		5,97	6,75	5,72

Tabla 16: longitud (LON) en global del primer anillo (A11), segundo anillo (A12) y tercer anillo (A13) de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos.

		LON_A11					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	2,75	1,64	1,45	5,54	4,09	5
	3°	4,24	1,68	2,05	5,57	3,52	4
	4°	4,82	1,63	3,67	5,97	2,30	2
	5°	3,11	1,16	1,64	4,55	2,91	5

Tabla 17: longitud por dedo del primer anillo de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos.

		LON_A12					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	4,20	1,15	2,73	5,54	2,81	5
	3°	4,40	1,70	2,69	6,75	4,06	4
	4°	3,18	,44	2,87	3,49	,62	2
	5°	2,21	,89	,99	3,48	2,49	5

Tabla 18: longitud por dedo del segundo anillo de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos.

		LON_A13					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	3,18	1,39	1,65	5,54	2,89	5
	3°	3,38	2,20	1,41	5,72	4,31	4
	4°	2,28	,43	1,97	2,58	,61	2
	5°	2,12	,35	1,63	2,58	,95	5

Tabla 19: longitud por dedo del tercer anillo de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos.

DA11_A12

N	Válidos	11
	Perdidos	0
Media		1,2291
Desv. típ.		,63309
Rango		2,00
Mínimo		,32
Máximo		2,32

Tabla 20: longitud del espacio en global entre el primer y segundo anillo (DA11_A12) de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos. No tiene en cuenta los casos en los cuales la distancia era 0.

DA12_A13

N	Válidos	11
	Perdidos	0
Media		,8618
Desv. típ.		,36273
Rango		1,29
Mínimo		,24
Máximo		1,53

Tabla 21: longitud del espacio en global entre el segundo y tercer anillo (DA12_A13) de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos. No tiene en cuenta los casos en los cuales la distancia era 0.

		DA11_A12					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	1,62	,79	,32	2,32	2,00	5
	3°	,92	,02	,90	,93	,03	2
	5°	,90	,21	,67	1,19	,52	4

Tabla 22: longitud del espacio por dedo entre el primer y segundo anillo (DA11_A12) de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos. No tiene en cuenta los casos en los cuales la distancia era 0. Nótese como en los 2 casos del cuarto dedo los anillos están dispuestos de forma consecutiva sin espacio entre ellos.

		DA12_A13					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	,63	,34	,24	,86	,62	3
	3°	,88	,12	,75	1,03	,28	4
	4°	,75	.	,75	,75	,00	1
	5°	1,11	,58	,44	1,53	1,09	3

Tabla 23: longitud del espacio por dedo entre el segundo anillo y tercer anillo (DA12_A13) de la polea A1 en los casos que está formada por 3 anillos. No tiene en cuenta los casos en los cuales la distancia era 0.

		LON_A11	LON_A12	LON_A13	LON_A14
N	Válidos	3	3	3	3
	Perdidos	0	0	0	0
Media		3,9467	2,7633	2,4933	2,3633
Desv. típ.		1,36738	1,52857	1,43507	1,30539
Rango		2,52	2,84	2,74	2,55
Mínimo		2,38	1,67	1,37	1,25
Máximo		4,90	4,51	4,11	3,80

Tabla 24: longitud en global de cada uno de los anillos en los casos que la polea A1 está formada por 4 anillos.

DA11_A12

N	Válidos	2
	Perdidos	0
Media		1,2850
Desv. típ.		,19092
Rango		,27
Mínimo		1,15
Máximo		1,42

Tabla 25: longitud en global de la distancia entre el primer y segundo anillo en los casos que la polea A1 está formada por 4 anillos. No tiene en cuenta los casos en los cuales la distancia era 0.

DA12_A13

N	Válidos	2
	Perdidos	0
Media		,9150
Desv. típ.		,44548
Rango		,63
Mínimo		,60
Máximo		1,23

Tabla 26: longitud en global de la distancia entre el segundo y tercer anillo en los casos que la polea A1 está formada por 4 anillos. No tiene en cuenta los casos en los cuales la distancia era 0.

DA13_A14

N	Válidos	2
	Perdidos	0
Media		,750
Desv. típ.		,3536
Rango		,5
Mínimo		,5
Máximo		1,0

Tabla 27: longitud en global de la distancia entre el tercer anillo y cuarto anillo en los casos que la polea A1 está formada por 4 anillos. No tiene en cuenta los casos en los cuales la distancia era 0.

N	Válidos	157
	Perdidos	0
Media		2,7675
Desv. típ.		1,91656
Rango		10,27
Mínimo		,22
Máximo		10,49

Tabla 28: Distancia en global entre el final de la polea A1 y el inicio de A2.

		DISTANCIA A1_A2					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	N válido
DEDO	2°	2,93	2,30	,30	10,49	10,19	36
	3°	2,65	1,73	,35	6,60	6,25	37
	4°	2,42	1,70	,50	6,94	6,44	41
	5°	3,07	1,92	,22	9,16	8,94	43

Tabla 29: distancia por dedo entre el final de la polea A1 y el inicio de A2.

		Recuento	Porcentaje
DEDO	2°	12	25
	3°	11	22,91
	4°	7	14,58
	5°	5	10,41

Tabla 30: distribución por dedo de los casos que la polea A1 y A2 estaban contiguas.

LON_A2

N	Válidos	192
	Perdidos	0
Media		15,9394
Desv. típ.		4,15078
Rango		19,01
Mínimo		6,44
Máximo		25,45

Tabla 31: longitud en global de la polea A2.

		LON_A2					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	15,69	3,84	6,44	25,45	19,01	48
	3°	19,07	2,72	8,88	24,84	15,96	48
	4°	17,54	2,69	6,74	23,34	16,60	48
	5°	11,45	2,72	7,94	18,41	10,47	48

Tabla 32: longitud por dedo de la polea A2.

LONGITUD A2-C1

N	Válidos	17
	Perdidos	47
Media		5,9688
Desv. típ.		1,97566
Rango		7,16
Mínimo		2,29
Máximo		9,45

Tabla 33: longitud en global entre poleas A2 y C1.

		DISTANCIA A2_C1					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	,96	,60	,57	2,15	1,58	6
	3°	2,21	2,14	,68	6,50	5,82	6
	4°	1,08	,49	,52	1,71	1,19	4
	5°	,67	.	,67	,67	,00	1

Tabla 34: longitud por dedo entre las poleas A2 y C1.

		Recuento	Porcentaje
DEDO	2°	31	24,21
	3°	31	24,21
	4°	33	25,79
	5°	33	25,79

Tabla 35: distribución por dedo de los casos que presentaban continuidad entre las poleas A2 y C1.

DA2_A3

N	Válidos	42
	Perdidos	0
Media		10,7298
Desv. típ.		2,74886
Rango		15,85
Mínimo		3,44
Máximo		19,29

Tabla 36: distancia global entre poleas A2 y A3 en los casos que no existió polea C1.

DISTANCIA A2_A4

N	Válidos	5
	Perdidos	0
Media		17,9360
Desv. típ.		2,11480
Rango		5,65
Mínimo		15,08
Máximo		20,73

Tabla 37: distancia global entre polea A2 y A4 en los casos de ausencia de C1, A3 y C2.

LONGITUD C1

N	Válidos	145
	Perdidos	0
Media		7,8263
Desv. típ.		1,90511
Rango		11,48
Mínimo		2,29
Máximo		13,77

Tabla 38: longitud global de la polea C1.

		LONGITUD C1					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	7,75	1,77	4,24	11,84	7,60	37
	3°	8,28	2,20	2,29	12,75	10,46	37
	4°	7,47	1,55	3,71	10,80	7,09	37
	5°	7,80	2,03	4,72	13,77	9,05	34

Tabla 39: longitud por dedo de la polea C1.

AUSENCIA C1	Frecuencia	Porcentaje
2°	11	22,9
3°	11	22,9
4°	11	22,9
5°	14	29,2

Tabla 41: frecuencia y porcentaje por dedo de la ausencia de la polea C1.

DISTANCIA C1_A3

N	Válidos	110
	Perdidos	0
Media		4,0505
Desv. típ.		2,00235
Rango		12,61
Mínimo		,70
Máximo		13,31

Tabla 42: distancia global del espacio entre las poleas C1 y A3. No se han considerado los casos en los cuales el espacio entre ellos era nulo.

		DISTANCIA C1_A3						
		Media	Desviación típica	Rango	Mínimo	Máximo	N válido	%
DEDO	2°	4,21	2,41	12,30	1,01	13,31	29	26,4
	3°	4,52	1,83	9,49	,77	10,26	30	27,2
	4°	4,00	1,64	6,30	1,39	7,69	35	31,8
	5°	3,01	2,02	5,94	,70	6,64	16	14,5

Tabla 43: distancia y frecuencia por dedo entre las poleas C1 y A3.

		N válido	%
DEDO	2°	6	28,6
	3°	6	28,6
	4°	1	4,7
	5°	8	38,1

Tabla 44: frecuencia por dedo de continuidad entre las poleas C1 y A3.

DISTANCIA C1_C2		
N	Válidos	4
	Perdidos	0
Media		3,5525
Desv. típ.		2,71771
Rango		6,02
Mínimo		1,00
Máximo		7,02

Tabla 45: distancia global del espacio entre C1 y C2 en los casos de ausencia de la polea C3.

DISTANCIA C1_A4		
N	Válidos	10
	Perdidos	0
Media		11,6970
Desv. típ.		3,82907
Rango		12,25
Mínimo		5,31
Máximo		17,56

Tabla 46: distancia global del espacio entre C1 y A4 en los casos de ausencia de la polea C3.

LONGITUD_A3

N	Válidos	173
	Perdidos	19
Media		3,2188
Desv. típ.		,83351
Rango		4,01
Mínimo		1,56
Máximo		5,57

Tabla 47: longitud en global de la polea C3.

		LONGITUD_A3					
		Media	Desviación típica	Rango	Mínimo	Máximo	N válido
DEDO	2°	3,26	,76	3,24	1,96	5,20	44
	3°	3,34	,91	3,94	1,63	5,57	47
	4°	3,13	,84	3,80	1,75	5,55	47
	5°	3,12	,81	3,06	1,56	4,62	35

Tabla 48: longitud por dedo de la polea C3.

LONGITUD_A3: 1 ANILLO

N	Válidos	170
	Perdidos	0
Media		3,2013
Desv. típ.		,82429
Rango		4,01
Mínimo		1,56
Máximo		5,57

Tabla 49: longitud global de la polea A3 en los casos que está formada por un solo anillo.

		LONGITUD_A3: 1 ANILLO					
		Media	Desviación típica	Rango	Mínimo	Máximo	N válido
DEDO	2°	3,19	,71	3,11	1,96	5,07	41
	3°	3,34	,91	3,94	1,63	5,57	47
	4°	3,13	,84	3,80	1,75	5,55	47
	5°	3,12	,81	3,06	1,56	4,62	35

Tabla 50: longitud y aparición por dedo de la polea A3 en los casos que está formada por un solo anillo.

DISTANCIA A3_C2

N	Válidos	15
	Perdidos	0
Media		2,7247
Desv. típ.		1,57212
Rango		4,92
Mínimo		,86
Máximo		5,78

Tabla 51: longitud en global del espacio entre las poleas A3 y C2. Se han obviado los casos en los cuales la distancia era cero.

		DISTANCIA A3_C2					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	Recuento
DEDO	2°	2,53	1,52	1,39	4,92	3,53	5
	3°	3,00	1,88	,86	5,78	4,92	7
	4°	3,02	,89	2,39	3,65	1,26	2
	5°	1,19	.	1,19	1,19	,00	1

Tabla 52: distancia por dedo del espacio entre las poleas A3 y C2. Se han obviado los casos en los cuales la distancia era cero.

DISTANCIA A3_A4

N	Válidos	151
	Perdidos	0
Media		7,8777
Desv. típ.		2,24158
Rango		13,23
Mínimo		,00
Máximo		13,23

Tabla 53: distancia en global del espacio entre las poleas A3 y A4 en aquellos casos en los que no existe la polea C2.

DISTANCIA C1_A4

N	Válidos	10
	Perdidos	0
Media		11,6970
Desv. típ.		3,82907
Rango		12,25
Mínimo		5,31
Máximo		17,56

Tabla 54: longitud en global del espacio entre las poleas C1 y A4 en aquellos casos que no existen las poleas A3 y C2.

DISTANCIA A2_A4

N	Válidos	5
	Perdidos	0
Media		17,9360
Desv. típ.		2,11480
Rango		5,65
Mínimo		15,08
Máximo		20,73

Tabla 55: longitud en global del espacio entre las poleas A2 y A4 en aquellos casos que no existen las poleas C1, A3 y C2.

DISTANCIA C1_C2

N	Válidos	4
	Perdidos	0
Media		3,5525
Desv. típ.		2,71771
Rango		6,02
Mínimo		1,00
Máximo		7,02

Tabla 56: longitud en global del espacio entre las poleas C1 y C2 en aquellos casos que no existe la polea A3.

LONGITUD_C2

N	Válidos	26
	Perdidos	166
Media		4,2331
Desv. típ.		1,47535
Rango		6,32
Mínimo		1,71
Máximo		8,03

Tabla 57: longitud en global de la polea C2.

	LONGITUD_C2					
	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	N válido
2°	3,32	1,27	1,71	5,30	3,59	7
3°	4,71	1,71	1,93	8,03	6,10	10
4°	4,53	1,44	2,92	5,86	2,94	4
5°	4,32	,97	3,19	5,74	2,55	5

Tabla 58: longitud por dedo de la polea C2.

		DEDO			
		2°	3°	4°	5°
		Recuento	Recuento	Recuento	Recuento
TIPO_C2	Otros	1	0	0	0
	SR	2	1	2	1
	SU	4	9	2	4

Tabla 60: frecuencia de aparición por dedo de la polea C2.

DISTANCIA A3_A4

N	Válidos	151
	Perdidos	0
Media		7,8777
Desv. típ.		2,24158
Rango		13,23
Mínimo		,00
Máximo		13,23

Tabla 61: longitud en global del espacio entre las poleas A3 y A4 en los casos de ausencia de C2.

DISTANCIA C1_A4

N	Válidos	10
	Perdidos	0
Media		11,6970
Desv. típ.		3,82907
Rango		12,25
Mínimo		5,31
Máximo		17,56

Tabla 62: longitud en global del espacio entre las poleas C1 y A4 en los casos de ausencia de C2.

DISTANCIA A2_A4

N	Válidos	5
	Perdidos	0
Media		17,9360
Desv. típ.		2,11480
Rango		5,65
Mínimo		15,08
Máximo		20,73

Tabla 63: longitud en global del espacio entre las poleas A2 y A4 en los casos de ausencia de C2.

LONGITUD_A4

N	Válidos	192
	Perdidos	0
Media		7,9141
Desv. típ.		2,30728
Rango		11,60
Mínimo		3,90
Máximo		15,50

Tabla 64: longitud en global de la polea A4.

		LONGITUD_A4					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Rango	N válido
DEDO	2°	7,34	2,35	4,36	12,85	8,49	48
	3°	8,46	2,25	5,80	15,50	9,70	48
	4°	8,52	2,39	3,90	13,25	9,35	48
	5°	7,33	1,99	4,75	12,40	7,65	48

Tabla 65: longitud por dedo de la polea A4.

DISTANCIA A4_A5

N	Válidos	48
	Perdidos	0
Media		2,8856
Desv. típ.		1,62726
Rango		8,25
Mínimo		,57
Máximo		8,82

Tabla 66: distancia global desde A4 hasta A5 en los casos de ausencia de C3.

Se han eliminado los casos cuya distancia era 0.

DISTANCIA A4_PULPEJO

N	Válidos	60
	Perdidos	0
Media		29,2032
Desv. típ.		4,32534
Rango		19,33
Mínimo		18,80
Máximo		38,13

Tabla 67(a): longitud en global de la distancia del final de la polea A4 hasta la punta del pulpejo en los casos en que esta polea es la última del canal retinacular (por ausencia de la C3 y A5).

		LONGITUD A4_PULPEJO				
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	N válido
DEDO	2°	29,27	2,44	23,91	33,12	14
	3°	31,55	4,34	24,01	38,13	11
	4°	32,15	3,69	24,82	37,17	15
	5°	25,66	3,29	18,80	30,96	20

Tabla 67(b): longitud por dedo de la distancia del final de la polea A4 hasta la punta del pulpejo en los casos en que esta polea es la última del canal retinacular.

LONGITUD_C3

N	Válidos	76
	Perdidos	0
Media		5,2743
Desv. típ.		1,65129
Rango		7,40
Mínimo		2,33
Máximo		9,73

Tabla 68: longitud en global de la polea C3.

		LONGITUD_C3				
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	N válido
DEDO	2°	4,63	1,32	2,62	7,12	21
	3°	6,14	1,58	3,19	9,26	26
	4°	5,19	1,79	2,33	9,73	21
	5°	4,39	1,12	3,18	6,73	8

Tabla 69: longitud por dedo de la polea C3.

		TIPO_C3					
		SU	SR	X	Y	V	LAMBDA
		Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento	Recuento
DEDO	2°	11	1	3	1	0	0
	3°	15	0	8	3	0	1
	4°	6	7	10	0	1	0
	5°	5	3	0	1	0	0

Tabla 71: distribución por dedo de las diferentes formas anatómicas de la polea C3.

DISTANCIA C3_A5

N	Válidos	13
	Perdidos	0
Media		2,2708
Desv. típ.		1,18269
Rango		3,72
Mínimo		,98
Máximo		4,70

Tabla 72: longitud en global del espacio entre las poleas C3 y A5.

DISTANCIA C3_PULPEJO

N	Válidos	31
	Perdidos	0
Media		24,9371
Desv. típ.		2,81326
Rango		10,86
Mínimo		21,02
Máximo		31,88

Tabla 73: longitud en global del espacio entre el final de la polea C3 y la punta del pulpejo en los casos que la polea C3 es la última polea del canal retinacular.

LONGITUD_A5

N	Válidos	99
	Perdidos	93
Media		2,7530
Desv. típ.		1,03577
Rango		6,24
Mínimo		,72
Máximo		6,96

Tabla 74: longitud en global de la polea A5.

		LONGITUD_A5					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	N válido	Recuento
DEDO	2°	2,59	,81	1,14	4,77	23	48
	3°	2,65	,93	,97	5,73	26	48
	4°	3,19	1,36	1,54	6,96	27	48
	5°	2,52	,78	,72	3,80	23	48

Tabla 75: longitud por dedo de la polea A5.

DISTANCIA A5_PULPEJO

N	Válidos	99
	Perdidos	0
Media		23,8635
Desv. típ.		3,45338
Rango		16,33
Mínimo		15,07
Máximo		31,40

Tabla 76: distancia en global desde el final de la polea A5 hasta la punta del pulpejo.

		DISTANCIA A5_PULPEJO					
		Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	N válido	Recuento
DEDO	2°	24,05	2,91	20,33	30,19	23	23
	3°	25,73	2,97	20,76	31,30	26	26
	4°	24,92	2,82	20,62	31,40	27	27
	5°	20,33	2,58	15,07	24,82	23	23

Tabla 77: distancia por dedo desde el final de la polea A5 hasta la punta del pulpejo.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.	I.C.(95%)*
N° anillos en C1	192	0	2	0.76	0.452	[0.70,0.82]
N° anillos en C2	192	0	2	0.14	0.363	[0.09,0.19]
N° anillos en C3	192	0	1	0.40	0.490	[0.33,0.47]
N válido	192					

Tabla 79: estadísticos más relevantes del número (n°) de anillos de poleas cruciformes. *I.C.(95%): Intervalo de confianza para la media al 95%. Obsérvese que los intervalos de confianza indican la posibilidad de no encontrar poleas cruciformes. El caso de dos anillos en las poleas C1 y C2 son casos anómalos (únicamente se presentó en el 1% y el 0.5% de los casos analizados respectivamente).

A1 A2 A3 A4 A5

		Frec	%	Frec	%	Frec	%	Frec	%	Frec	%
Válidos	0	0	0.0	0	0.0	19	9.9	0	0.0	93	48.4
	1	123	64.1	192	100	170	88.5	192	100	97	50.5
	2	50	26.0	0	0.0	3	1.6	0	0.0	2	1.0
	3	16	8.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	4	3	1.6	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Total		192	100	192	100	192	100	192	100	192	100

Tabla 80: Distribución de las frecuencias (frec) del número de anillos de las poleas anulares en general. Podemos destacar:

- la existencia de al menos un anillo en las poleas A1, A2 y A4 en todos los casos.
- las poleas A2, A3 y A4 presentaron en la mayor parte de los casos un único anillo (100%, 88.5% y 100% respectivamente).
- únicamente en la polea A1 se presentó la existencia de más de 3 anillos (9.9% de los casos).
- la ausencia de anillos en la polea A5 en la mitad de los casos analizados (48.4%).

C1 C2 C3

		Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Válidos	0	47	24,5	166	86,5	116	60,4
	1	141	74,5	25	13,0	76	39.6
	2	4	1,0	1	,5	0	0
Total		192	100,0	192	100,0	192	100,0

Tabla 81: distribución de frecuencias del número de anillos de cada una de las poleas cruciformes, en general. Podemos destacar:

- la existencia de al menos un anillo en la polea C1 (74% de los casos).
- la ausencia de anillos en las poleas C2 y C3 (86% y 60% de los casos respectivamente).
- la presencia de dos anillos únicamente en las poleas C1 y C2 (1% y 0.5% de los casos respectivamente).

	A1				A2	A3			A4	A5		
	1	2	3	4	1	0	1	2	1	0	1	2
Izquierda	63	56	24	4	100	7	90	3	100	42	56	2
Derecha	60	44	24	8	92	12	80	0	92	51	41	0

Tabla 82: distribución de frecuencias del número de anillos de cada una de las poleas anulares segmentado por la lateralidad de la mano. Únicamente en las poleas A1, A3 y A5 podemos observar diferencias notables en cuanto al número de anillos en cada mano..

	C1			C2			C3	
	0	1	2	0	1	2	0	1
Izquierda	19	79	1	88	11	1	59	41
Derecha	28	62	1	78	14	0	57	35

Tabla 83: Distribución de las frecuencias del número de anillos de las poleas cruciformes segmentado por mano. Podemos observar diferencias notables en cuanto al número de anillos en cada mano en las poleas C1 y C2.

	A1				A2	A3			A4	A5		
	1	2	3	4	1	0	1	2	1	0	1	2
2°	30	12	5	1	48	4	41	3	48	25	23	0
3°	35	8	4	1	48	1	47	0	48	22	26	0
4°	35	11	2	0	48	1	47	0	48	21	25	2
5°	23	19	5	1	48	13	35	0	48	25	23	0
Total	123	50	16	3	192	19	170	3	192	93	97	2

Tabla 84: Distribución de las frecuencias del número de anillos de las poleas anulares segmentado por dedo. Podemos destacar la presencia de mayor número de anillos en la polea A1 en los dedos segundo y quinto con respecto de los dedos tercero y cuarto y la mayor concentración de ausencia de la polea A3 en el quinto dedo.

	C1			C2			C3	
	0	1	2	0	1	2	0	1
2°	11	36	1	41	6	1	27	21
3°	11	36	1	38	10	0	22	26
4°	11	36	1	44	4	0	27	21
5°	14	33	1	43	5	0	40	8
Total	47	141	4	166	25	1	116	76

Tabla 85: Distribución de las frecuencias del número de anillos de las poleas cruciformes segmentado por dedo. Destaca la presencia de menor número de anillos en la polea C3 en el quinto dedo con respecto de los restantes.