



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

PROGRAMA DE DOCTORADO 3139 MEDICINA

R.D. 99/2011

FACULTAT DE MEDICINA I ODONTOLOGIA

Departamento de Cirugía y sus Especialidades

TESIS DOCTORAL

**COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS CLÍNICOS Y
BIOMECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE LA
PATOLOGÍA DE LA PORCIÓN LARGA DEL BÍCEPS
BRAQUIAL: TENOTOMÍA O TENODESIS.**

**Doctorando: José Emmanuel García Rellán, licenciado en
Medicina.**

Director: Francisco Gomar Sancho

Depósito: marzo 2019.

Agradecimientos

El presente volumen es fruto de mucho esfuerzo y tiempo invertido del que me siento especialmente orgulloso. Años de trabajo para aportar un granito de evidencia. Pero este mérito no me pertenece por completo, dado que muchas personas han estado implicadas en este proyecto y sin las cuales nunca podría haber sido llevado a cabo. Unas líneas no podrán nunca compensar el apoyo recibido, pero sirvan para mostrar la gratitud que les profeso en mi interior. Doy gracias a Dios por haberlas puesto en mi camino.

En primer lugar, gracias a María José, mi mujer, por haberme alentado y apoyado durante los cinco años que ha durado esta empresa. También a mis hijos Sara, Samuel, Emma y una cuarta que viene en camino. El tiempo empleado en este proyecto es tiempo que os he restado a vosotros. Será difícil compensar todo este apoyo recibido.

Gracias a mis padres, Pepe y Trini, por enseñarme día a día lo que realmente importa y por haber hecho de mi lo que soy, tanto como persona como profesional.

Gracias al Dr. Eduardo Sánchez Alepuz, a mi director de tesis el Prof. Dr. Francisco Gomar Sancho y al Dr. Jesús Mudarra por haber aceptado ser partícipes del estudio y haber marcado el rumbo que ha llevado esta tesis a buen puerto. Agradezco también la inestimable implicación del personal de Unión de Mutuas que hizo posible el trabajo del día a día. Gracias especialmente a Maricarmen, Ana y Carmela.

A Fran y María, por sus ánimos y consejos, tanto en el tema investigador, como en el personal. El término amigos se queda corto para describiros.

Gracias al INCLIVA (Instituto de Investigación del Hospital Clínico de Valencia) por su orientación en la elaboración del ensayo clínico, especialmente a los profesores Francisco José Santonja y José Bermúdez por su apoyo estadístico y metodológico. Gracias Francisco por tus ánimos, que, aún quedando fuera del convenio, nunca has dejado de prestarme.

Gracias a Jose, no solo por su colaboración con el programa Turnitin, sino por esa motivación que me has prestado durante años.

Gracias a la AEA (Asociación Española de Artroscopia) y a la SOTOCV (Sociedad de Traumatología y Ortopedia de la Comunidad Valenciana) por becar económicamente el estudio.

Gracias a los pacientes que han prestado su consentimiento y confianza para la realización de este Ensayo Clínico.

Gracias a todos los que, directa o indirectamente, han sido de ayuda en la elaboración de esta Tesis Doctoral.

*Pide consejo al sensato y no desprecies un consejo útil.
Bendice al Señor Dios en todo momento, y pídele que allane tus
caminos y que te dé éxito en tus empresas y proyectos.*

Libro de Tobías 4, 18-19a

Índice

1 Índice

1	Índice	7
2	Introducción.....	17
2.1	ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA	17
2.1.1	<i>Recuerdo evolutivo</i>	17
2.1.2	<i>Grupo muscular flexor del codo</i>	18
2.1.3	<i>Anatomía de la porción larga del bíceps</i>	21
2.1.4	<i>Funciones del bíceps (biomecánica)</i>	24
2.1.5	<i>Composición de la fibra muscular y sus cambios con el envejecimiento</i>	29
2.1.6	<i>Mecanismos de fatiga</i>	31
2.1.7	<i>Modelos para provocar fatiga muscular</i>	33
2.2	PATOLOGÍA DE LA PLB.....	37
2.2.1	<i>Definición de la Patología de la PLB</i>	37
2.2.2	<i>Mecanismos lesionales</i>	41
2.3	PRUEBAS COMPLEMENTARIAS EN EL DIAGNÓSTICO	42
2.4	TRATAMIENTO CONSERVADOR.....	44
2.5	TRATAMIENTO QUIRÚRGICO.....	46
2.5.1	<i>Tenotomía</i>	47
2.5.2	<i>Tenodesis</i>	55
3	Estado actual de la evidencia sobre la biomecánica.....	73
3.1	ESTUDIOS BIOMECÁNICOS QUE ANALIZAN LA FUERZA DE FLEXIÓN Y SUPINACIÓN	73
3.1.1	<i>Estudios biomecánicos tenotomía vs brazo sano</i>	73
3.1.2	<i>Estudios biomecánicos tenodesis vs brazo sano</i>	76
3.1.3	<i>Estudios biomecánicos que analizan tenotomía vs tenodesis</i>	76
3.2	ESTUDIOS QUE ANALIZAN LA FATIGA TRAS TENOTOMÍA O TENODESIS DE LA PLB.....	79
4	Hipótesis	85

5	Objetivos.....	87
5.1	OBJETIVO GENERAL:.....	87
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	87
6	Métodos.....	91
6.1	DISEÑO DEL ESTUDIO.....	91
6.2	ÁMBITO, POBLACIÓN DE ESTUDIO Y MUESTRA.....	91
6.2.1	Ámbito	91
6.2.2	Población de estudio.....	91
6.2.3	Criterios de inclusión.....	92
6.2.4	Criterios de exclusión	92
6.2.5	Número de sujetos del estudio.....	93
6.3	PROTOCOLO DEL ESTUDIO	93
6.3.1	Recogida de datos prequirúrgicos.....	93
6.3.2	Aleatorización	100
6.3.3	Recogida de datos durante la cirugía	101
6.3.4	Enmascaramiento	101
6.3.5	Recogida de datos tras la cirugía.....	102
6.4	DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA QUIRÚRGICA.....	103
6.4.1	Técnica de tenotomía de la PLB	104
6.4.2	Técnica de tenodesis de la PLB.....	104
6.5	PROTOCOLO DE REHABILITACIÓN POSTOPERATORIA	105
6.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	105
8	Resultados.....	109
8.1	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	109
8.1.1	Sujetos del estudio y seguimiento.....	109
8.1.2	Datos demográficos.....	111
8.1.3	Parámetros biomecánicos preoperatorios.....	113

8.2	TIEMPO DE FATIGA.....	115
8.2.1	<i>Análisis del tiempo de fatiga prequirúrgico</i>	<i>115</i>
8.2.2	<i>Análisis del tiempo de fatiga a los 3 meses de la intervención</i>	<i>116</i>
8.2.3	<i>Análisis del tiempo de fatiga a los 6 meses de la intervención</i>	<i>117</i>
8.2.4	<i>Análisis del tiempo de fatiga a los 12 meses de la intervención</i>	<i>118</i>
8.2.5	<i>Análisis de la evolución temporal del tiempo de fatiga.</i>	<i>120</i>
8.3	CONTRACCIÓN VOLUNTARIA MÁXIMA (CVM) EN FLEXIÓN.....	121
8.3.1	<i>Análisis de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM) prequirúrgica.....</i>	<i>121</i>
8.3.2	<i>Análisis de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM) a los 3 meses de la intervención.....</i>	<i>123</i>
8.3.3	<i>Análisis de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM) a los 6 meses de la intervención.....</i>	<i>129</i>
8.3.4	<i>Análisis de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM) a los 12 meses de la intervención.....</i>	<i>135</i>
8.3.5	<i>Análisis evolutivo de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM) en el tiempo 140</i>	
8.4	SUPINACIÓN VOLUNTARIA MÁXIMA (SVM) DEL ANTEBRAZO	147
8.4.1	<i>Análisis de la Contracción Voluntaria Máxima (SVM) prequirúrgica</i>	<i>147</i>
8.4.2	<i>Análisis de la Supinación Voluntaria Máxima (SVM) a los 3 meses de la intervención.....</i>	<i>148</i>
8.4.3	<i>Análisis de la Supinación Voluntaria Máxima (SVM) a los 6 meses de la intervención.....</i>	<i>153</i>
8.4.4	<i>Análisis de la Supinación Voluntaria Máxima (SVM) a los 12 meses de la intervención.....</i>	<i>158</i>
8.4.5	<i>Análisis evolutivo de la Supinación Voluntaria Máxima (SVM) en el tiempo</i>	<i>163</i>
8.5	PARÁMETROS CLÍNICOS.....	171
8.5.1	<i>Dolor</i>	<i>171</i>
8.5.2	<i>Escalas de Valoración Clínica</i>	<i>173</i>
8.5.3	<i>Presencia de la Retracción Distal del Vientre Muscular del Bíceps Braquial (Signo de Popeye).....</i>	<i>180</i>

8.5.4	<i>Presencia de Dolor Residual en la Corredera del Bíceps</i>	180
8.5.5	<i>Presencia de Calambres Musculares en el Bíceps</i>	181
8.5.6	<i>Satisfacción Percibida por el Paciente</i>	182
8.6	RESULTADOS CLÍNICOS Y BIOMECÁNICOS EN FUNCIÓN DE LA PRESENCIA DE DEFORMIDAD ESTÉTICA	183
8.6.1	<i>Resultados clínicos y biomecánicos en función de la técnica empleada</i>	183
8.6.2	<i>Resultados clínicos y biomecánicos en función de la presencia de deformidad estética</i>	188
8.6.3	<i>Satisfacción percibida por el paciente en función de la presencia de deformidad estética</i>	190
8.6.4	<i>Percepción de la deformidad estética por parte del paciente</i>	192
8.6.5	<i>Objetivación de la deformidad. Datos biométricos del bíceps</i>	193
8.7	COMPLICACIONES Y REINTERVENCIONES	198
9	Discusión	201
9.1	FATIGA	201
9.1.1	<i>Fatiga y modelos para analizarla</i>	201
9.1.2	<i>Cambios adaptativos y evolución temporal</i>	205
9.2	FUERZA DE FLEXIÓN	207
9.3	FUERZA DE SUPINACIÓN DEL ANTEBRAZO	211
9.4	MODELO DE TENOTOMÍA Y TENODESIS	214
9.5	MANEJO DE LA DOMINANCIA DE LOS MIEMBROS SUPERIORES	217
9.6	DINAMÓMETROS Y FORMA DE MEDICIÓN	220
9.7	ESCALAS DE VALORACIÓN CLÍNICA Y SATISFACCIÓN GLOBAL	221
9.8	ESTÉTICA	224
9.8.1	<i>Deformidad estética y prevalencia</i>	224
9.8.2	<i>Deformidad estética en función del sexo</i>	227
9.8.3	<i>Ausencia de deformidad en los casos de tenotomía: efecto autotenodesis</i> .	228
9.8.4	<i>Deformidad estética tras realización de tenodesis de la PLB</i>	230

9.8.5	<i>Cuantificación de la deformidad estética.....</i>	232
9.8.6	<i>Apreciación y aceptación de la deformidad estética por parte del paciente</i>	236
9.8.7	<i>Asociación de la deformidad estética con efectos secundarios</i>	238
9.8.8	<i>Asociación de la deformidad estética con los parámetros biomecánicos.....</i>	239
9.9	DOLOR ANTERIOR	240
9.10	CALAMBRES DOLOROSOS.....	242
9.11	PATOLOGÍA CONCOMITANTE	243
9.12	COMPLICACIONES Y REINTERVENCIONES.	245
9.13	LIMITACIONES DEL ESTUDIO	247
10	Conclusiones.....	253
11	Bibliografía	257
12	Anexos	275
12.1	ANEXO 1: CLASIFICACIÓN DEL ESTUDIO POR LA AEMPS	275
12.2	ANEXO 2: APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA DEL DEPARTAMENTO DE SALUD DEL ÁREA SANITARIA HOSPITAL CLÍNICO-MALVARROSA.....	276
12.3	ANEXO 3: APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE UNIÓN DE MUTUAS.....	277
12.4	ANEXO 4: SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL.....	278
12.5	ANEXO 5: CONSENTIMIENTO INFORMADO	279
12.6	ANEXO 6: PROTOCOLO TOMA DE DATOS 1.....	280
12.7	ANEXO 7: PROTOCOLO TOMA DE DATOS 2.....	281
12.8	ANEXO 8: PROTOCOLO TOMA DE DATOS 3.....	282
12.9	ANEXO 9: PROTOCOLO TOMA DE DATOS 4.....	283
12.10	ANEXO 10: PROTOCOLO DE REHABILITACIÓN.....	284
12.11	ANEXO 11: INFORME PROGRAMA ANTIPLAGIO TURNITIN	290

Índice de abreviaturas

- PLB: Porción larga del bíceps (braquial).
- CVM: Contracción voluntaria máxima (en flexión de codo).
- SVM: Supinación voluntaria máxima (fuerza de supinación del antebrazo).
- Preop: Preoperatorio.
- Preqx: Prequirúrgico.
- PreF: Prefatiga (antes de la realización del test de la fatiga del bíceps).
- PostF: Postfatiga (después de la realización del test de la fatiga del bíceps).
- Patol: patológico.
- Tfatiga: Tiempo de fatiga.
- IPAQ: *International physical activity questionnaire*
- METS: Unidad de medida del índice metabólico. Unidad de medida del cuestionario IPAQ.
- Tt: Tenotomía.
- Td: Tenodesis.
- NConstant: Escala de Constant normalizada por edad y sexo.
- UCLA: Escala de valoración funcional de la *University of California, Los Ángeles*.
- SSI: *Shoulder Score Index*.
- EVA: Escala visual analógica (escala de medición del dolor).
- IMC: índice de masa corporal.
- PROM: rehabilitación pasiva del rango de movilidad.
- AROM: rehabilitación activa del rango de movilidad.
- AAROM: Rehabilitación activa-asistida del rango de movilidad.
- RE: Rotación externa; RI: Rotación interna.

Introducción

2 Introducción

2.1 Anatomía y fisiología

2.1.1 Recuerdo evolutivo

La articulación glenohumeral de la especie humana sufrió cambios significativos al conseguir la postura ortógrada durante la evolución. La rigidez y estabilidad ósea en los cuadrúpedos para mantener la carga en la articulación fue sustituida por la estabilidad proporcionada por los ligamentos y partes blandas, necesarias para otorgar una mayor flexibilidad y movilidad a la extremidad superior¹.

La escápula, durante el desarrollo evolutivo, se desplazó caudalmente, dejando su posición cervical, visible en especies inferiores, y distanciándose de la cabeza para otorgar a la cintura escapular una función de base o plataforma que facilitase el arco de movilidad del hombro. El patrón básico del mamífero apareció cuando se desarrollaron unas articulaciones estables entre la clavícula y el esternón en la región medial, y la articulación de la clavícula con la escápula en la región lateral¹.

El desarrollo evolutivo del húmero también ha sido notable en comparación con otras especies. La cabeza del húmero se ha desplazado más proximalmente y la inserción del músculo deltoides se ha desplazado en sentido distal para proporcionar un mayor brazo de palanca para este músculo. De la misma manera se produjo un proceso de rotación interna relativa del húmero proximal en relación con la rotación externa de la diáfisis, ocasionando una medialización del surco intertubercular (o corredera bicipital), y una disminución del tamaño del troquín en relación con el troquiter. Este cambio de rotación humeral llevó a un cambio importante en el músculo bíceps braquial. Anteriormente en el desarrollo evolutivo, el bíceps tenía una importante función

elevadora, función que, al medializarse la corredera bicipital, llevó a una pérdida de potencia. Esta pérdida es evidente a menos que el húmero se gire en rotación externa, donde colaboraría como músculo abductor. En los animales más primitivos el bíceps tiene un solo origen y actúa en sinergia con el supraespinoso para elevar el brazo. En el humano, el bíceps tiene dos orígenes y, por las torsiones humerales que sufre, no puede actuar como elevador del brazo a menos que se posicione en rotación externa máxima¹.

Al principio del desarrollo embrionario, la porción larga del bíceps (PLB) es extraarticular, lo cual es normal en determinadas especies. Durante el desarrollo, el tendón se invagina en la cápsula y se sitúa en profundidad con respecto a la sinovial, produciendo un recubrimiento sinovial a modo de meso del tendón. Ese mesotendón desaparece posteriormente, quedando el tendón libre en la cavidad articular, rodeado totalmente de sinovial².

2.1.2 Grupo muscular flexor del codo

Existen una serie de músculos en el brazo que realizan la función de flexión del codo. Debido a sus diferentes inserciones musculares, cada uno de estos músculos realiza su contracción con una determinada eficacia en función de la posición relativa del brazo³ con respecto al tronco, el grado de rotación del brazo, la posición del ángulo del codo y el grado de pronosupinación del antebrazo. Estos músculos se sitúan en el compartimento anterior del brazo.

El músculo braquiorradial (imagen 2), con inserciones en la cara lateral del húmero hasta su inserción en la estiloides radial, interviene en la flexión rápida y en la estabilización lateral de la articulación del codo en los movimientos rápidos. Según su actividad electromiográfico, su función en flexiones lentas o estáticas es limitada¹.

El músculo bíceps braquial (imágenes 1 y 2), cuya anatomía se analizará en profundidad posteriormente, ejerce su máxima acción cuando el antebrazo

está en supinación, dado su inserción en la región posterior de la tuberosidad bicipital. En esta posición el bíceps es potente, rápido y capaz de resistir fuerzas importantes. Cuando el antebrazo está en pronación, el bíceps braquial prácticamente no contribuye a la fuerza de flexión excepto si se le solicita para colaborar con el músculo braquial. Para levantar o transportar una carga pesada, el bíceps, en cocontracción con el tríceps, realiza una función estabilizadora dinámica de la articulación glenohumeral, necesaria como brazo de palanca estable para soportar la carga en el miembro¹.

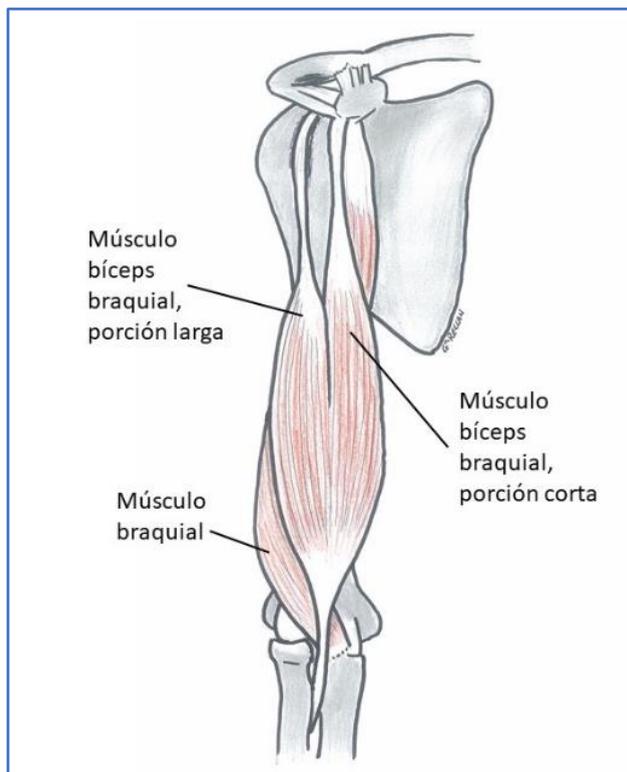


Imagen 1: Esquema anatómico mostrando músculo bíceps braquial y músculo braquial.

El músculo braquial¹ se extiende desde el húmero hasta el cúbito y podría ser llamado “flexor corto del antebrazo”, en comparación con el bíceps braquial, que actuaría como flexor largo (ver imágenes 1 y 2). Su inserción

proximal se sitúa en la tuberosidad deltoidea del húmero y en las caras anteromedial y anterolateral del húmero. Forma un vientre muscular aplanado y ancho en la parte anterior más profunda del brazo. Su tendón de inserción distal tiene forma de canal ancho y cóncavo hacia atrás y pasa por la región anterior de la articulación del codo hasta su inserción en la apófisis coronoides. Obedeciendo a sus inserciones óseas, el músculo braquial es únicamente flexor del antebrazo, más potente que el bíceps braquial, y su función flexora no se modifica con la pronosupinación del antebrazo. Interviene tanto en la flexión rápida del codo, como en el movimiento lento y poderoso en una flexión isométrica. Es el músculo flexor por excelencia.

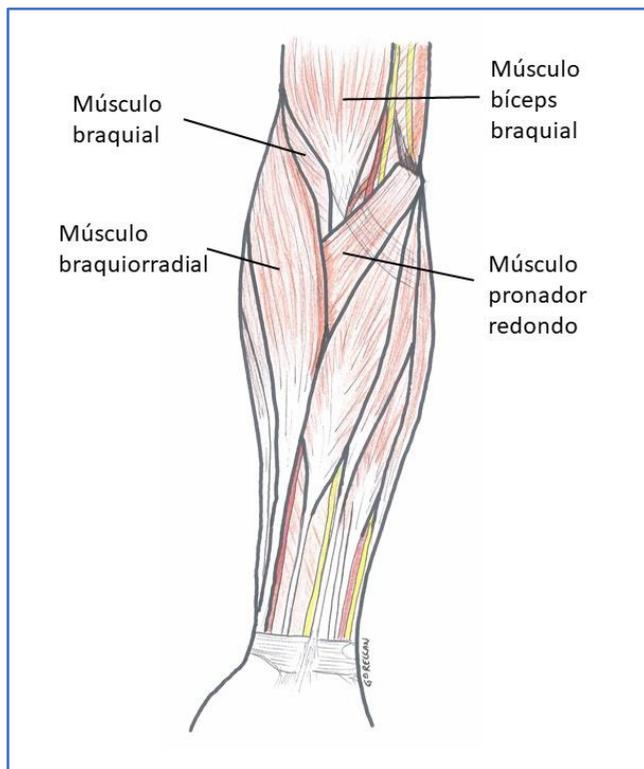


Imagen 2: esquema anatómico mostrando el grupo muscular flexor del codo: músculos braquial, braquiorradial, bíceps braquial y pronador redondo.

En menor medida, el músculo pronador redondo (imagen 2) puede contribuir también a la flexión del codo, pero únicamente colabora en esta función cuando se solicita una fuerza extremadamente potente¹. Presenta dos fascículos de inserción proximal, el epicondíleo medial y el coronoideo, y se inserta distalmente mediante un tendón aplanado en la cara lateral del radio.

2.1.3 Anatomía de la porción larga del bíceps

La porción larga del bíceps braquial (PLB) tiene su origen en la parte superior del labrum glenoideo en el 48% de los especímenes, en el tubérculo supraglenoideo en el 20% de los casos y en ambos en el 28% de los casos⁴. En su inserción, medial al anillo articular glenoideo, crea un receso subsinovial. El tendón tiene aproximadamente 9 cm de longitud y de 5 a 6 mm de grosor. Inicialmente tiene un recorrido intraarticular extrasinovial, envuelto por una continuación de la sinovial articular que tapiza la corredera bicipital hasta su región más inferior. En el trayecto intraarticular, el tendón toma una forma aplanada y ancha, que más distalmente se modificará adquiriendo una morfología redondeada en su región extraarticular. El aporte vascular del tendón corre a cargo de la arteria humeral circunfleja anterior en su región más proximal y de la arteria braquial y braquial profunda en su región distal. Existe una zona hipovascularizada localizada entre 1'5 y 3 cm de su inserción proximal, coincidente con su trayecto en la corredera.

La PLB discurre en profundidad al ligamento coracohumeral, pasando a través del intervalo rotador hacia la corredera bicipital. Existe un conjunto de estructuras anatómicas que estabilizan el tendón en su localización a la entrada de la corredera, permitiendo su movilidad por deslizamiento. Este deslizamiento permite una movilidad de hasta 18 mm entre la posición de flexión anterior y

rotación interna con respecto a posición y rotación neutra⁵. La “horquilla” a la entrada de la corredera está formada por fibras del tendón del supraespinoso en la región posterior, y el subescapular y el ligamento glenohumeral superior en su parte anterior (imágenes 3 y 4). En la entrada en la corredera, el tendón realiza un giro de 30 – 40°. Una vez dentro de la corredera bicipital (imagen 3), el tendón es estabilizado por la hendidura ósea entre el troquíter y el troquín, de unos 4 mm de profundidad, donde su pared medial es más alta, con un ángulo de apertura de 30 o 40 grados⁶.

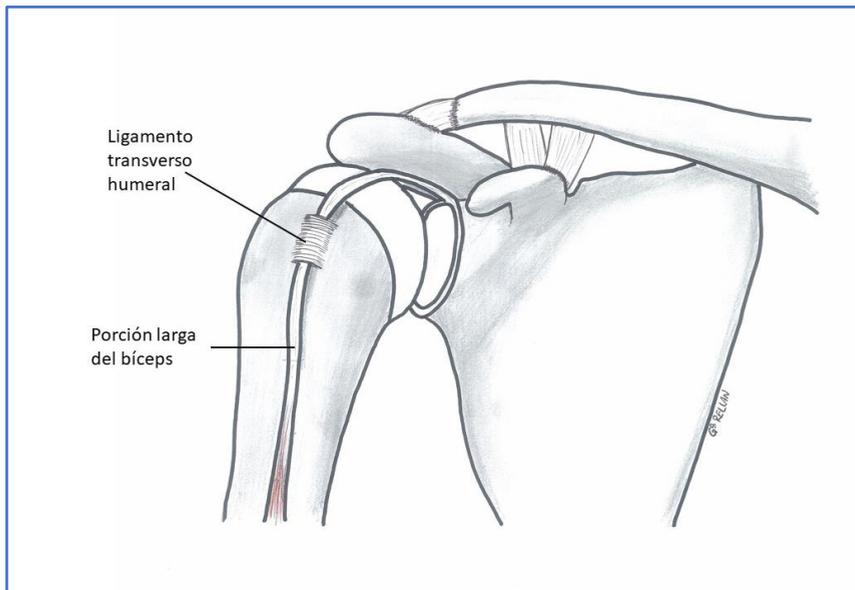


Imagen 3: esquema anatómico de la porción larga del bíceps braquial.

El ángulo total que abarcan las paredes óseas medial y lateral de la corredera se estiman entre 101° y 120° en hombros asintomáticos. Esta hendidura es cerrada en su techo por los ligamentos humeral transversal, glenohumeral, coracohumeral y falciforme. Variaciones en las dimensiones o ángulos de la corredera bicipital pueden ocasionar problemas de inestabilidad de la PLB.

Distalmente a la salida de la corredera bicipital, la PLB discurre en profundidad a la inserción humeral del tendón del pectoral mayor, donde suele situarse el inicio de la unión miotendinosa del vientre muscular de la porción larga del bíceps.

El tendón de inserción de la porción corta del bíceps se inserta en el vértice de la apófisis coracoides mediante el tendón conjunto que comparte con el músculo coracobraquial. Distalmente, las porciones larga y corta se unen para formar un músculo largo y robusto, situado en el eje mayor del brazo. Su inserción distal la realiza mediante un tendón cilíndrico potente, que inicialmente es superficial y luego profundiza por delante del músculo braquial hasta su inserción en la región posterior de la tuberosidad del radio. Del lado medial del tendón de inserción se desprenden unas fibras oblicuas que terminan en la fascia antebraquial, la aponeurosis del bíceps.

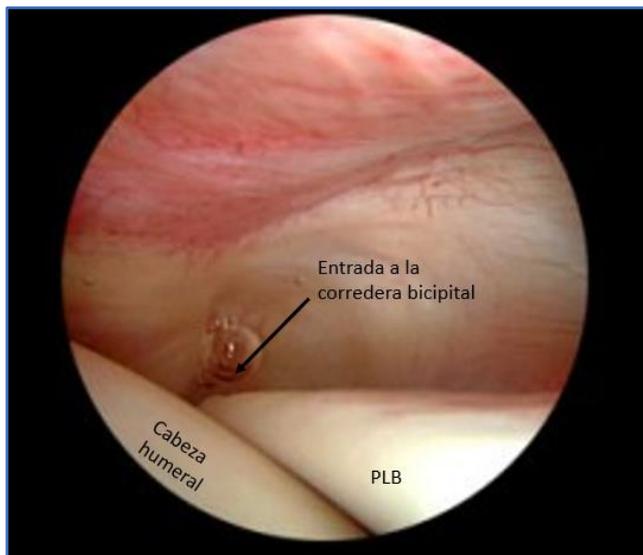


Imagen 4: visión intraarticular artroscópica de la entrada a la corredera bicipital.

2.1.4 Funciones del bíceps (biomecánica)

Muchos autores⁷⁻¹¹ han intentado comprender en profundidad la contribución de la PLB en la cinemática del hombro. En general, todos concluyen que la PLB aporta un papel estabilizador en la articulación glenohumeral, de una manera más o menos activa según la posición del hombro. Disminuye la traslación de la cabeza humeral en la glenoides, sobre todo en los ángulos más inferiores de elevación del brazo. También actúa como depresor de la cabeza humeral, dado que la distancia entre cabeza humeral y acromion disminuye en las desinserciones de la PLB, aunque todos coinciden en que los estudios hasta la fecha tienen limitaciones.

2.1.4.1 Estudios biomecánicos en cadáver

Los estudios en cadáver han buscado reproducir la función de la PLB simulando la contracción del bíceps mediante la realización de tracciones del tendón. Pagnani¹² valoró la función de la PLB mediante la carga de 55 N en 10 especímenes, concluyendo que disminuía la traslación glenohumeral en dirección anterior, superior e inferior sobre todo en los ángulos más bajos de elevación del miembro.

La PLB contribuye también como estabilizador glenohumeral en ángulos más extremos de elevación, teniendo un papel importante en la restricción de la traslación anterior glenohumeral cuando el brazo se encuentra en posición de abducción y rotación externa¹³. La contribución de la PLB en abducción también disminuye la traslación glenohumeral en todas sus direcciones (anterior, posterior, superior e inferior)¹⁴.

La pérdida de la función de la PLB conlleva la disminución de la estabilidad glenohumeral, por lo que algunos autores han apreciado aumento

de la tensión ejercida sobre el ligamento glenohumeral medio cuando se desinserta la unión del complejo bíceps-labrum¹⁵.

El papel de la PLB también es determinante cuando se realiza una contracción potente de flexión de codo o supinación del antebrazo, dado que se requiere un esfuerzo estabilizador dinámico importante en la porción proximal del miembro que permita ejercer la fuerza muscular a nivel del codo¹⁶.

También es conocida la función depresora de la PLB sobre la cabeza humeral. La ausencia de la misma ocasiona una migración proximal de la cabeza humeral, disminuyendo la distancia entre acromion y húmero, alterando con ello el centro de rotación de la cabeza humeral, que se encontrará ascendido con respecto a la glenoides. Kumar¹⁶ estudió el efecto de la tensión tanto de la porción corta como la larga del bíceps. Apreció en su estudio que cuando están en contracción las porciones larga y corta del bíceps, cortar la porción intraarticular del tendón producía una migración proximal de la cabeza del húmero. El autor concluye que la tenotomía de la PLB puede producir inestabilidad por la alteración del centro de rotación de la cabeza humeral con respecto a la glena, con la disfunción consiguiente.

El estudio de la cinemática del hombro en cadáver tiene importantes limitaciones y es una manera de simplificar la función de las estructuras en el vivo¹⁷. En la biomecánica normal del hombro contribuyen sinérgicamente y de manera variable en intensidad un número importante de músculos. De la misma manera, la elasticidad y tensión ejercida por los diferentes ligamentos y cápsula no es la misma que en el vivo. Simplificar el estudio tensionando un solo musculo o tendón nos orienta sobre la función, pero debemos tener precaución en extrapolar los resultados a la cinemática en el vivo.

2.1.4.2 Estudios biomecánicos in vivo

La cinemática en la articulación glenohumeral en el vivo ha sido estudiada mediante estudios radiográficos. Warner¹⁸ realizó determinaciones radiográficas en pacientes con pérdida del anclaje proximal de la PLB en diferentes grados de abducción, tomando el hombro sano contralateral como control. Evidenció un ascenso significativo de la cabeza humeral en todos los grados de abducción.

La función de la PLB también ha sido estudiada mediante la estimulación eléctrica intraoperatoria del bíceps. Andrews¹⁹ apreció mediante este método una compresión de la articulación glenohumeral durante la realización de la artroscopia. Kido²⁰ estudió el ascenso de la cabeza humeral en pacientes con rotura del manguito rotador, pero evidenció que la cabeza humeral se deprimía de nuevo en la proyección radiográfico cuando se activaba eléctricamente el bíceps, en diferentes grados de abducción.

La contribución de la PLB a la fuerza de flexión del codo o la supinación del antebrazo ha sido estudiada por Shank *et al.*²¹. En su estudio, donde comparaban la función biomecánica en hombros sometidos a tenotomía o tenodesis de la PLB con relación a un grupo control, llegaban a la conclusión de que, al someter a tenotomía la PLB, se producía un descenso de un 13% de su capacidad de flexión y de un 15% de su capacidad de supinación cuando se comparaba con el brazo no intervenido. De la misma manera, al realizar tenodesis, no se evidenciaba una disminución de la fuerza de flexión, pero sí un descenso del 13% de la capacidad de supinación al comparar con el brazo no intervenido. Cuando realizaban la comparación entre grupos, los autores encontraban una disminución de la fuerza en el grupo de la tenotomía, pero dicha disminución no la consideraban significativa. En el caso de la supinación no evidenciaban diferencias entre grupos.

The *et al.*²² analizaron biomecánicamente los cambios a largo plazo del brazo sometido a tenotomía de la PLB y lo compararon con el brazo sano. En este estudio a siete años evidenciaron una disminución de la fuerza pico de torsión isocinética de un 7% en flexión y de un 9,1% en supinación. Estos autores consideraban como factor de confusión la compensación del resto de músculos flexores del codo.

Otros autores no han demostrado diferencias biomecánicas en la fuerza de flexión^{21,23-26} o supinación del antebrazo^{21,23,26}.

De la misma manera que los estudios en cadáver tienen importantes limitaciones en reproducir la cinemática de la articulación glenohumeral, los estudios en el vivo también tienen limitaciones por la falta de métodos aplicables. El estudio de la cinemática *in vivo* ofrece dudas en los investigadores por diferentes razones: los estudios hasta la fecha no tienen en cuenta los movimientos en tres dimensiones; la escápula se mueve y rota alrededor de la parrilla costal en función de la posición del brazo, lo que hace que la orientación de la glena esté cambiando constantemente y que, en las determinaciones radiográficas, la proyección anteroposterior verdadera sea difícil de conseguir.

2.1.4.3 Estudios electromiográficos

Se ha intentado determinar la actividad de la PLB en el movimiento del hombro con la ayuda que aporta el registro electromiográfico. Este tipo de estudios busca cuantificar la activación muscular durante el movimiento, valorando así en qué posiciones la porción larga del bíceps es más solicitada.

Buscando minimizar la activación muscular del bíceps por su actividad en el antebrazo, algunos autores utilizan férulas para eliminar el movimiento del codo. Sorprendentemente, estos autores aportan datos contradictorios. Sakuray²⁷ observó que la PLB tenía un efecto estabilizador sobre la cabeza humeral, mientras que Levy¹¹ concluye lo contrario, que el efecto de la PLB en

el hombro ejerce un papel pasivo o estabilizador únicamente cuando se asocia la actividad motora del codo.

Yamaguchi²⁸ concluye, basándose en los resultados de sus estudios, que la PLB tiene un efecto mínimo en la movilidad del hombro. Estudia la gran activación electromiográfico del supraespinoso en múltiples movimientos del hombro, mientras que la actividad eléctrica del bíceps es mínima en hombros sanos, únicamente se aprecia una activación del 1,7 al 3,6% de su contracción muscular máxima. También aporta que la actividad eléctrica del bíceps aumenta levemente cuando existe una deficiencia de la función del manguito rotador (1,6 al 4,4%).

Los estudios electromiográficos también se han utilizado en estudios de la cinemática del hombro en lanzadores de béisbol. Jobe *et al.*²⁹ observaron que el bíceps se activaba primeramente para alcanzar la posición erguida, para efectuar la flexión del codo, y después durante la fase del lanzamiento para decelerar el antebrazo. También se ha constatado la mayor actividad eléctrica del bíceps en lanzadores con inestabilidad glenohumeral durante la fase de aceleración del miembro³⁰. Ello sugiere que la PLB también aporta cierto grado de estabilidad anterior en la articulación glenohumeral inestable.

La conclusión que aporta el estudio electromiográfico en la bibliografía consultada no deja de ser controvertida. No está clara si la contribución de la PLB en el movimiento del hombro existe o si únicamente actúa de manera secundaria a la activación del bíceps para la movilidad del codo y antebrazo.

2.1.5 Composición de la fibra muscular y sus cambios con el envejecimiento

2.1.5.1 Histología de la fibra muscular. Tipos de fibra muscular

Los tipos de fibra muscular se pueden clasificar en función de su diámetro, velocidad de contracción, eficacia de ATPasas y la vía utilizada para la síntesis de energía. Se subdividen en³¹:

Tipo I: Fibras musculares rojas lentas. Son rojas por su alta concentración de mioglobina. Están inervadas por fibras nerviosas pequeñas y con una rica vascularización que suministra grandes cantidades de oxígeno. Presentan gran concentración de mitocondrias, de las que obtienen su energía a través de la vía aeróbica-oxidativa. Producen contracción tras un período de latencia largo y se relajan también lentamente. Están adaptadas a contracciones largas sin que aparezca el fenómeno de fatiga.

Tipo IIB: Fibras musculares blancas rápidas. Contienen poca mioglobina y están inervadas por fibras de gran diámetro que conducen los impulsos a gran velocidad. Generan contracciones rápidas por la gran rapidez de liberación del calcio del retículo sarcoplásmico y también se relajan rápidamente. Contienen gran cantidad de glucógeno y pocas mitocondrias, por lo que utilizan la vía anaeróbica del ácido láctico para la generación de energía. El glucógeno se consume rápidamente y se produce un acúmulo del láctico, por lo que las fibras están diseñadas para realizar grandes esfuerzos durante breves períodos de tiempo.

Tipo IIA: Fibras intermedias. Combinación de las dos anteriores

Los músculos tienen composición de ambos tipos de fibras, pero algunas personas tienen predominio de un tipo sobre el otro, determinado genéticamente.

2.1.5.2 Cambios en la fibra muscular con el envejecimiento

Con el envejecimiento se producen una serie de cambios fisiológicos y morfológicos en el músculo y en la transmisión neuromuscular. Se produce una disminución en la capacidad de contracción por la pérdida de masa muscular³², llamada sarcopenia. La sarcopenia puede llevar a una pérdida de funcionalidad y facilitar la lesión muscular.

Fisiológicamente, en el proceso de envejecimiento se produce un cambio en la excitabilidad del sarcolema³³, lo cual produce una mayor facilidad para el fallo de la transmisión neuromuscular. En un modelo animal, tras la inducción de la fatiga mediante la activación repetitiva de la fibra muscular, Smith³⁴ llegó a la conclusión de que la depresión sináptica y el bloqueo de la conducción son más pronunciados y ocurre con frecuencias de activación más bajas en sujetos de mayor edad. Los estudios en humanos sobre la actividad de la unión neuromuscular también han aportado datos sobre su variación con el envejecimiento. Algunos autores informan de cambios en la amplitud de la onda M, evidenciando una mayor potenciación de su amplitud durante la fatiga^{35,36}, que han llevado a pensar que es un mecanismo que puede enmascarar una posible disminución en la propagación neuromuscular³⁷. Otros autores no han observado cambio alguno en la amplitud de la onda M en sujetos mayores durante la fatiga, mientras que en sujetos jóvenes sí se apreció potenciación de dicha onda³⁶.

Histológicamente también se han documentado cambios en la estructura y composición de la fibra muscular durante el proceso de envejecimiento. Con la edad se produce un aumento de la proporción de fibras musculares tipo I (más resistentes a la fatiga), por una mayor pérdida o atrofia de las fibras tipo II. Este cambio histológico en la proporción de tipos de fibra muscular tiene su traducción en la funcionalidad de la contracción. Roos³⁸ sugiere que en el proceso de envejecimiento las fibras musculares tipo II son

reinervadas por axones de acción lenta, que las hacen derivar a fibras de tipo I. Existen estudios que evidencian un aumento en la duración del tiempo de contracción isométrica en pacientes de mayor edad³⁹, y lo relacionan por este cambio de proporción entre tipos de fibra. También se han demostrado cambios electromiográficos relacionados con el envejecimiento. El fallo de la propagación neuromuscular se puede apreciar más comúnmente en músculos con mayor proporción de fibras tipo II, de contracción más rápida e intensa, pero más susceptibles de fatiga. El hecho de que pacientes mayores no evidencien descenso en la amplitud de la onda M puede ser debido al incremento de la proporción de las fibras tipo I sobre las de tipo II⁴⁰.

2.1.6 Mecanismos de fatiga

La fatiga puede ser definida como la pérdida progresiva de la capacidad de generar una fuerza durante (o tras) la repetición o mantenimiento de una contracción muscular. También como la pérdida de la capacidad de generar fuerza durante una tarea⁴¹.

Los mecanismos por los cuales se produce la fatiga pueden tener diferente origen. Las causas se dividen en fatiga de tipo central o periférica. Aunque esta división es artificial, dado que en la realidad ambos tipos de fatiga se superponen en muchos casos, es de ayuda para comprender este fenómeno.

2.1.6.1 *Fatiga central*

La fatiga central ocasiona una debilidad en la ejecución de una contracción muscular, teniendo su origen en el sistema nervioso central⁴². La causa última de la incapacidad funcional es el reclutamiento submáximo de las unidades motoras, con causa proximal a la unión neuromuscular⁴²⁻⁴⁵. La fatiga

fisiológica produce disminución de la producción de fuerza (debilidad), pérdida de la capacidad de ejercicio (disminución de la duración del ejercicio), incremento de la sensación de esfuerzo, pero disminución de la fuerza generada (disminución de la velocidad de contracción muscular)⁴⁶.

La fatiga central puede originarse desde el córtex cerebral (por causas en las vías neuronales descendentes o falta de motivación) o en la médula espinal (alteración en las motoneuronas o reclutamiento subóptimo) y tiene su traducción en cambios electromiográficos: reducen la media de la frecuencia espectral y reducen la amplitud de la señal^{43,44}.

La capacidad de contracción voluntaria máxima también se ve mermada por la inhibición de la motoneurona alfa por el *feed – back* de vías oligosinápticas, que disminuyen la capacidad de contracción máxima debido a dolor, cirugía, estimulación cutánea o derrames articulares⁴⁷⁻⁴⁹. También cuando se produce una concomitante activación de varios músculos⁵⁰.

La disminución de la capacidad de fuerza causada por fatiga central ha sido relacionada con los sujetos de mayor edad³⁷ por activación incompleta voluntaria. Estos sujetos tienen una disminución de la capacidad de reclutamiento adicional de unidades motoras para mantener una contracción mantenida durante la carga fatigante.

2.1.6.2 *Fatiga periférica*

Los mecanismos de fatiga periférica conllevan una progresiva disminución de la capacidad máxima de contracción muscular durante el ejercicio. Las causas celulares de la fatiga periférica son⁴⁵: pérdida de la conducción eléctrica desde la membrana celular al sistema tubular, disminución de la liberación de calcio desde el retículo sarcoplásmico, alteración de las relaciones actina – miosina, disminución de la recaptación de calcio o fallo en la producción de energía (por la vía de fosforilación oxidativa, por la vía glucolítica

o ambas). Además de estas causas celulares, también intervienen el incremento de la presión intramuscular, la oclusión del flujo sanguíneo, el acúmulo de metabolitos y la disminución de la oxigenación⁵¹, y el fallo en la excitación –contracción⁵².

Una de las maneras de estudiar la fatiga periférica objetivando su cuantificación es el uso de la electromiografía (EMG). Cuando la fuerza disminuye por la fatiga, el sistema nervioso central intenta compensarla reclutando más unidades motoras, lo cual se traduce en una mayor amplitud de señal en la EMG. La eficacia neuromuscular es el ratio entre la fuerza ejercida y la amplitud de señal en la EMG, la cual estará disminuida en la fatiga periférica⁵³ por el fenómeno del reclutamiento.

Durante el ejercicio, el músculo estriado consume y produce lactato. Si el ejercicio es poco intenso, el lactato no se acumula pues se cataboliza para obtener energía. Pero si el ejercicio es más intenso, el oxígeno para la fosforilación es limitado, por lo que se produce un acúmulo de lactato. En ese momento se sobrepasa el umbral anaeróbico, el lactato se acumula, lo cual se asocia a la fatiga y al aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria⁵⁴.

2.1.7 Modelos para provocar fatiga muscular

Diversos autores han estudiado el fenómeno de la fatiga en diferentes grupos musculares. Esto es de utilidad tanto en ciencia básica, para conocer los mecanismos fisiológicos de la fatiga, como en ciencia aplicada para la evaluación de resultados tras actuaciones sobre un determinado grupo muscular.

Para el estudio de la fatiga de un grupo muscular es necesaria la ideación de un modelo, un protocolo de ejercicio que sea accesible, reproducible, y lo más específico posible, reduciendo al máximo los factores de confusión.

Se analizarán a continuación los diferentes modelos para la producción de fatiga en el bíceps braquial.

2.1.7.1 Modelos de contracción isométrica mantenida

Diversos autores han estudiado el fenómeno de la fatiga del grupo muscular flexor del codo. El modelo que propusieron Hunter *et al.*⁵⁵⁻⁵⁷ consistía en realizar una contracción isométrica del codo flexionado a 90° hasta la claudicación del brazo. La fuerza de flexión a mantener durante el tiempo de fatiga venía determinada por un estudio previo de la contracción voluntaria máxima (CVM), también ejercida en flexión de codo a 90° en pronosupinación media. La fuerza de contracción claudicante se debía mantener a un 20% de la CVM hasta la fatiga completa del miembro o hasta que los valores de la fuerza a conseguir descendieran por debajo de un 4% durante más de 2 segundos, a pesar de los ánimos del explorador. La fuerza era cuantificada mediante el uso de un dinamómetro de presión. Con el objeto de minimizar el sesgo de la cocontracción de otros grupos musculares, el estudio lo realizaban en una silla ajustable y un soporte bajo el brazo, junto con una ortesis modificada para mantener la pronosupinación media. Inmediatamente después de la claudicación del brazo, y anotado el tiempo hasta la claudicación, se realizó una nueva determinación de la contracción isométrica con el brazo ya fatigado. El objetivo principal del protocolo era el análisis del tiempo hasta la claudicación, aunque también fue objeto de estudio la diferencia de fuerza de contracción máxima pre y postejercicio. A ello se sumó el estudio electromiográfico de superficie, además de otros parámetros fisiológicos como la presión arterial o la frecuencia cardíaca. Los estudios llevados a cabo por este grupo de investigadores se centraron en las diferencias entre varones y mujeres y entre jóvenes y ancianos, sujetos sanos en todos los casos.

En un modelo similar, Bilodeau *et al.*^{37,58}, buscando diferencias electromiográficas en el músculo fatigado de jóvenes y ancianos, utilizaron un modelo de contracción isométrica mantenida. Utilizando un transductor de fuerza multiaxial, realizaron el estudio en una silla de experimentación con el hombro a 45° de abducción y el codo a 90°, en pronosupinación media. Previamente determinaron la CVM del grupo muscular y realizaron el test de fatiga mediante la contracción isométrica del codo a un 35% de la contracción voluntaria máxima, hasta imposibilidad de mantener la fuerza durante más de 5 segundos. Durante y tras la fatiga realizaron medidas electromiográficas

Por su parte, Seguers *et al.*³ analizaron las propiedades contráctiles relacionadas con el envejecimiento mediante el uso de electromiografía de superficie. Para ello realizaron un modelo de producción de fatiga isométrico, mediante el uso de una silla sin apoyos y un dinamómetro de presión. La medición la realizaron con el codo a 90° y el antebrazo en supinación máxima. Utilizaron el 25% de la contracción voluntaria máxima como fuerza fatigante. Realizaron anotaciones de las oscilaciones de la fuerza en períodos de 5 segundos cada 20 segundos durante el ejercicio fatigante. Dentro de los 10 segundos tras la claudicación, fue realizada una nueva contracción máxima.

Finalmente, Fuglevand *et al.*⁵⁹ estudiaron el modelo de contracción isométrica submáxima como generador de fatiga muscular. Electromiográficamente demostraron mayor fallo de la propagación neuromuscular cuando la carga de trabajo se ejercía a un 35% de la CVM, comparado con cargas al 20 y al 50%.

2.1.7.2 Modelos de contracción repetida mediante el uso de mancuernas

Otro modelo de estudio de la fatiga del grupo muscular flexor del codo es la realización de levantamiento de mancuernas de peso conocido. Kelly *et*

*al.*²⁴ estudiaron los resultados de hombros sometidos a tenotomía de la PLB mediante el levantamiento de mancuernas de 10 libras (4,53 Kg), comparándolas con el brazo sano. Se centraron en el número de repeticiones que los sujetos eran capaces de realizar antes de la fatiga del brazo. Los autores no especificaban la posición del antebrazo durante el levantamiento de la pesa, ni la frecuencia de levantamiento. Tampoco mencionaban si se evitó el sesgo de la ayuda de otros grupos musculares mediante el uso de sillas ajustables o soportes para el brazo.

En su estudio retrospectivo no aleatorizado, Friedman *et al.*⁶⁰ estudiaron la fatiga del grupo flexor del codo tras la realización de tenotomía o tenodesis de la PLB. Realizaron una medición de la fuerza de flexión del codo a 90°, en pronosupinación media, en supinación máxima y a medio camino entre ambas. Posteriormente realizaron un ejercicio de fatiga mediante el levantamiento de mancuernas de 10 lb (4,53 Kg) hasta la claudicación y una nueva determinación de la fuerza en dichas posiciones tras la fatiga. Estudiaron a los sujetos en sedestación con las rodillas a 90° para minimizar las fuerzas ejercidas por la parte inferior del cuerpo. Utilizaron un dinamómetro de presión y un solo examinador para aumentar la validez y fiabilidad del método de medición.

Drakos *et al.*⁶¹ también utilizaron el levantamiento de pesas de 10 lb (4,53 Kg) para el estudio de los resultados de la transferencia de la PLB al tendón conjunto, y analizaron la diferencia del número absoluto de repeticiones con respecto al brazo sano.

2.2 Patología de la PLB

2.2.1 Definición de la Patología de la PLB

La PLB es causa frecuente de origen de dolor en el hombro. Sus alteraciones pueden ocasionar merma de la función. La patología de la PLB puede ser clasificada en inflamatorias, inestabilidades o traumáticas, y subclasificadas en función de la localización o el grado de lesión.

2.2.1.1 *Tendinitis de la PLB*

La tendinitis del bíceps es la inflamación de la porción larga del bíceps en la corredera bicipital o en una localización cercana a ella (imagen 5). En la mayoría de los casos suele estar asociada a otros procesos patológicos, como alteraciones del manguito rotador, conflicto de espacio subacromial o artrosis glenohumeral. Únicamente un 5% de los casos presenta inflamación aislada de la PLB⁶².

Si la afectación inflamatoria de la PLB persiste en el tiempo se producen unos cambios histológicos secundarios que producen la degeneración del tendón (tendinosis) de la PLB. Se produce atrofia de las fibras de colágeno, fisuras, necrosis fibrinoide y proliferación de fibrocitos. Si la degeneración continúa, puede llegar a producirse una ruptura espontánea del tendón. Existen alteraciones del tendón que han recibido nombre propio, como tendón en “reloj de arena”⁶³ por la morfología que éste adopta cuando está inflamado y ensanchado en su porción intraarticular. Se produce una estenosis en la entrada de la corredera, ocasionando un defecto de la excursión del tendón que puede llevar a un déficit de flexión anterior.

El dolor causado por la tendinitis de la PLB se localiza en la región anterior del hombro. Existen varios test de provocación que intentan discernir el

dolor ocasionado por la PLB en la exploración clínica. El test de Speed consiste en realizar una flexión anterior del brazo en supinación (con la palma hacia arriba) contra la resistencia ofrecida por el brazo del explorador. La prueba es positiva si desencadena dolor en la corredera bicipital. El test de Yegarson se realiza en flexión de codo de 90°, con el antebrazo en pronación, donde el paciente intenta realizar la supinación contra la resistencia ofrecida por el explorador. La prueba es positiva si desencadena dolor en la corredera bicipital. Esta prueba es más específica de inestabilidad de la PLB. Pese a los test de exploración clínica, es difícil especificar el tipo de afectación, dado que en la mayoría de los casos se asocia una lesión concomitante, aunque puede ser útil tener el diagnóstico de sospecha de lesión de la PLB.

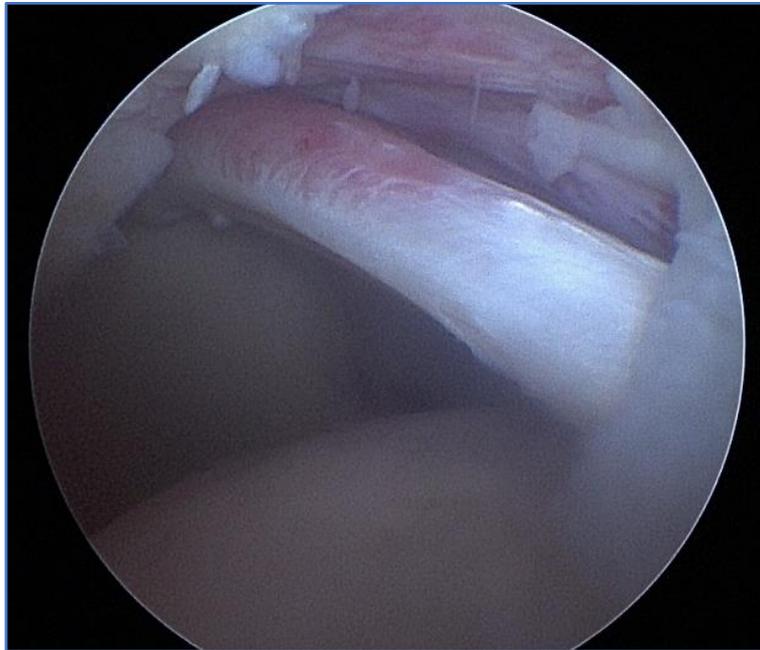


Imagen 5: Visión artroscópica del tendón inflamado de la porción larga del bíceps, visión desde el espacio subacromial a través de la rotura del manguito rotador. Apréciase la superficie glenoidea (al fondo) y humeral (inferior).

2.2.1.2 Rotura de la PLB

Las roturas del tendón de la porción larga del bíceps asientan, como se ha comentado, sobre tendón previamente degenerado. Éstas se producen espontáneamente, ante un trauma menor, o por una contracción brusca del bíceps. Suelen asentar en la porción proximal del tendón o en la salida de la corredera bicipital, donde coincide su zona menos vascularizada, cerca de la unión miotendinosa⁶⁴. Previo a la rotura, suele anteceder clínica de dolor en la región anterior del hombro, que mejora en un período breve de tiempo tras la rotura del tendón.

La rotura del tendón de la PLB suele producirse en pacientes mayores de 50 años y ocasiona en muchos casos la retracción distal del vientre muscular del bíceps braquial, visible a la exploración ocular, con el denominado “signo de Popeye”¹⁷ por el incremento de la sección transversal, dado que el volumen del músculo aumenta conforme se retrae distalmente. Como la lesión suele asentar en la zona menos vascularizada, distal a la salida de la corredera bicipital, el cabo tendinoso distal migra distalmente por la contracción del músculo sin encontrar resistencia. Es por ello que no suele apreciarse el denominado efecto “autotenodesis”, dado que el cabo distal no encuentra retención mecánica alguna que evite su descenso.

2.2.1.3 Inestabilidad de la PLB

Es imprescindible conocer la anatomía de relaciones de la PLB para comprender las estructuras que la estabilizan (ver capítulo 2.1.3). Los grados de afectación de la estabilidad de la PLB van desde la subluxación a la luxación franca, en ambas tanto anterior como posterior. En la mayoría de los casos, la inestabilidad de la PLB se asocia con lesión del manguito rotador o del intervalo rotador⁶⁵. La patología del tendón del subescapular favorecerá la inestabilidad

medial y las lesiones del supraespinoso, la inestabilidad lateral⁶⁶. En el caso de las luxaciones francas, la luxación medial es mucho más frecuente que la lateral⁶⁵.

Habermayer *et al.*⁶⁷ describieron la afectación progresiva de la horquilla del bíceps que ocasiona inestabilidad, dividiéndola en 4 grupos de afectación tras el análisis artroscópico: afectación tipo I (lesiones aisladas de la parte superior del ligamento glenohumeral superior, LGHS), tipo II (lesión LGHS más lesión parcial articular del supraespinoso), tipo III (lesión LGHS más ruptura articular del subescapular) y tipo IV (lesión LGHS más lesión del supraespinoso y subescapular combinadas).

Como se ha comentado, las inestabilidades del bíceps se asocian con las lesiones del manguito rotador. Lafosse *et al.*⁶⁶ cuantificaron un 45% de inestabilidades del bíceps en intervenciones para sutura del manguito rotador. Un 16% de los casos intervenidos para sutura de manguito evidenciaron inestabilidad anterior aislada, un 19% inestabilidad posterior, y un 10% inestabilidad anterior y posterior combinadas. Las inestabilidades se apreciaron en ambas direcciones, anterior y posterior, mientras que las luxaciones francas sólo se apreciaron en dirección anterior.

Los pacientes afectados de inestabilidad del bíceps aquejan dolor en la región anterior del hombro, asociado en muchos casos a “pop” doloroso (percibido por el paciente, palpable o audible) durante la movilidad del hombro. Suelen presentar positividad en los test clínicos de Speed y/o Yegarson. Existe un test específico, descrito por Bennet⁶⁸, que explora la inestabilidad del bíceps. Consiste en llevar el brazo a abducción de 90° y rotación externa, y pasivamente llevarlo a aducción y rotación interna. La sensación de inestabilidad y dolor en el rango intermedio hace positivo el test, indicando sospecha de inestabilidad de la PLB.

2.2.1.4 Lesiones SLAP

Estas lesiones asientan sobre la inserción de la PLB y su relación con labrum glenoideo. Normalmente afectan a la porción posterior del labrum y progresan en diferente grado hacia la región anterior. La descripción inicial de esta lesión la llevó a cabo Andrews¹⁹ en 1985, y posteriormente por Snyder⁶⁹ en 1990. La descripción de Snyder incluía cuatro tipos morfológicos de afectación del labrum superior, aunque posteriormente se han descrito muchos más (tipos V al X). El tipo I es la lesión del labrum con integridad del anclaje de la PLB. El tipo II es la desinserción del labrum superior. El tipo III es la lesión en asa de cubo de la inserción, la cual se luxa a la articulación glenohumeral. El tipo IV es la lesión en asa de cubo y su asociación con rotura que afecta a la PLB.

2.2.2 Mecanismos lesionales

Los procesos morbosos que pueden llevar a la afectación de la PLB son diversos. En la mayoría de los casos, la afectación se produce de manera progresiva e insidiosa, sin presentar una historia de trauma concreto que desencadene el inicio de los síntomas. Los pacientes suelen comenzar con dolor inespecífico en la región anterior del hombro, que progresivamente va siendo más incapacitante. En ocasiones el dolor se localiza en la región de la corredera bicipital, unos 7 cm bajo el acromion cuando el brazo está en 10° de rotación externa, aunque en la mayoría de las ocasiones no se suele presentar de una manera tan específica, siendo el área del dolor más extensa. Esto es así porque generalmente se asocia con la clínica de lesiones concomitantes, como la del manguito rotador, a la que tan frecuentemente se asocia.

Es muy frecuente encontrar este tipo de patología en pacientes trabajadores manuales o de esfuerzo, y en deportistas. Los gestos repetitivos del brazo durante la jornada laboral o el entrenamiento ocasionan una

sobrecarga del tendón. Se observan con mayor frecuencia en gestos repetitivos por encima de la cabeza o en deportistas lanzadores. Actualmente esto está siendo objeto de estudio, considerándose como una “microinestabilidad” del hombro.

Con menor frecuencia existen casos en los que un traumatismo claramente definido ocasiona lesiones de la PLB, generalmente como traumatismo indirecto, cuando el brazo se moviliza bruscamente en abducción – rotación externa o hiperabducción, donde la lesión suele asentar en la porción insercional del tendón. Las roturas espontáneas del tendón de la PLB suelen localizarse en la porción miotendinosa, a la salida de la corredera bicipital, en su área menos vascularizada. Suelen asentarse sobre un tendón previamente degenerado, clínicamente molesto antes del episodio que desencadena la rotura.

En otros casos, la irritación de la PLB se realiza de manera iatrogénica durante la cirugía artroscópica o abierta del hombro. Una sutura de manguito incorrectamente realizada puede ocasionar un atrapamiento del tendón dentro de la sutura del manguito o una estenosis de la corredera. En muchos casos, durante la cirugía protésica del hombro, se realiza por sistema una tenotomía o tenodesis de la PLB para evitar dolores residuales.

2.3 Pruebas complementarias en el diagnóstico

Una vez sospechada la patología de la PLB o de otros procesos concomitantes mediante la anamnesis y la exploración clínica, suele ser recomendable la realización de pruebas complementarias para determinar el tipo de lesión.

La radiografía simple en proyección anteroposterior, lateral y axilar es de utilidad para descartar causas degenerativas en la articulación glenohumeral y acromioclavicular, o la presencia de atrapamiento de causa ósea⁷⁰.

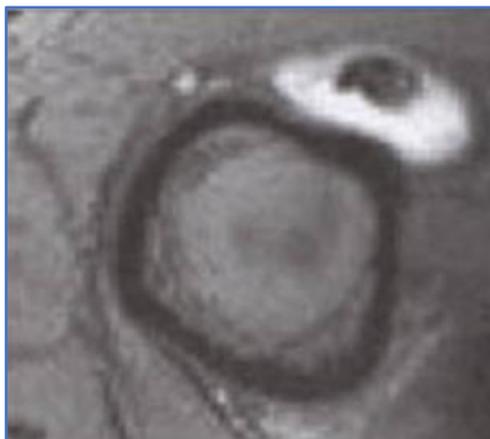


Imagen 6: Estudio de resonancia magnética mostrando líquido dentro de la correa bicipital.

La realización de resonancia magnética aumenta su rendimiento para lesiones articulares si se introduce contraste intraarticular (artro-RMN)⁷⁰. En el diagnóstico de afectación de la PLB, se pueden llegar a apreciar roturas parciales, aumento de líquido dentro de la correa bicipital (imagen 6), subluxaciones o luxaciones francas del tendón, además del diagnóstico de la patología concomitante que tan frecuentemente asocia. La inyección intraarticular de gadolinio permite distender la articulación, haciendo más fácil el estudio de las estructuras intraarticulares. El protocolo de artro-RMN incluye secuencias en T1 con supresión grasa en los planos axial, oblicuo coronal y oblicuo sagital, secuencias T2 con supresión grasa o STIR para descartar edema óseo o patología extraarticular.

La ecografía también tiene su utilidad en el diagnóstico de la patología de la PLB. En manos de ecografista experto puede diagnosticar roturas parciales y luxaciones, pero es especialmente útil en el diagnóstico de inestabilidades dinámicas⁷¹, dado que puede apreciarse la subluxación o luxación en determinados ángulos del rango de movilidad, cosa que no es posible en ninguna otra prueba de imagen. La ecografía tiene una sensibilidad

del 90% en el diagnóstico de PLB sin alteraciones y del 88% en desgarros de espesor completo. Lamentablemente el rendimiento baja entre un 22 y 27% para el diagnóstico de lesiones intermedias (roturas parciales, inflamaciones, ...)72. También está demostrado el sobrediagnóstico de roturas parciales de la PLB y el infradiagnóstico de patología inflamatoria73.

2.4 Tratamiento conservador

El tratamiento inicial una vez diagnosticada la afectación de la PLB comienza con modificación de las actividades de la vida diaria, reposo inicialmente, antiinflamatorios no esteroideos y crioterapia. Una vez ha mejorado el proceso inflamatorio agudo se inicia el tratamiento fisioterápico, trabajando todo el arco de movilidad del hombro y el fortalecimiento del manguito rotador y la musculatura periescapular.

Para el tratamiento del proceso inflamatorio agudo pueden ser necesarias las infiltraciones de corticoides. El objetivo de la infiltración es disminuir de manera rápida la inflamación, inyectando el corticoide en la zona dolorosa. La infiltración directa de la corredera bicipital puede ser de ayuda en los casos de tendinitis de la PLB aislada, aunque estos casos son únicamente un 5% de los casos de afectación de la PLB. En caso de requerir una infiltración de la corredera bicipital, es recomendable realizarla mediante control radioscópico o ecográfico, dado que las infiltraciones realizadas sin este soporte han demostrado ser poco fiables. Sin soporte ecográfico se ha demostrado que únicamente en un 26,6% de las ocasiones se consigue infiltrar la medicación en la corredera. Por el contrario, con ayuda de ecografía, la precisión de la infiltración aumenta al 86,7%74. Dado que en la mayoría de los casos la tendinitis de la PLB acompaña a otros procesos articulares, puede ser necesaria la infiltración del espacio subacromial o la infiltración de la articulación glenohumeral, actuando sobre la causa principal y también secundariamente sobre la PLB.

La infiltración de la corredera bicipital suele realizarse en sedestación, identificando la corredera bicipital por palpación de la zona dolorosa⁷⁵. Cuando se realiza la infiltración, se inyecta habitualmente⁷⁶ un anestésico local (lidocaína, mepivacaína o bupivacaína), junto con un corticoesteroide. Los corticoesteroides utilizados para infiltrar pueden dividirse en acetatos (metilprednisolona acetato, betametasona acetato, hidrocortisona acetato y dexametasona acetato) o fosfatos (prednisolona de sodio fosfato, betametasona de sodio fosfato). También se puede elegir entre fluorinados (betametasona de sodio fosfato, dexametasona de sodio fosfato, triamcinolona hexacetónido y triamcinolona acetónido) o no – fluorinados (prednisolona, metilprednisolona o hidrocortisona). En la decisión se debe tener en cuenta que los acetatos, que son menos solubles, suelen elegirse para entidades crónicas. Por contra, los fosfatos, más solubles, pueden ser utilizados en situaciones de inflamación aguda. Los corticoides fluorinados deben ser evitados en las infiltraciones extraarticulares, dado que producen más frecuentemente roturas tendinosas y atrofia de piel y tejido subcutáneo.

Algunos autores prefieren evitar la infiltración directa de la corredera bicipital y optan por la iontoforesis de corticoides en la zona de la corredera con buenos resultados⁷⁷.

Los casos de rotura espontánea del tendón de la PLB no suelen requerir tratamiento quirúrgico, dado que son más frecuentes en mayores de 50 años. Una vez se ha producido la rotura, el dolor disminuye, aunque se produce la deformidad estética por la retracción distal del vientre muscular del bíceps. Son raros los déficits funcionales o los calambres musculares tras la rotura espontánea de la PLB y no suele haber dolor residual. Algunos autores han apreciado disminución de un 10-20% de la fuerza de supinación, con mínima o ninguna pérdida de la fuerza de flexión del codo^{78,79}. Únicamente puede ser necesaria la reparación en agudo de la rotura en pacientes jóvenes o físicamente activos, mediante la tenodesis, que restaura la longitud – tensión del bíceps y la deformidad estética.

2.5 Tratamiento quirúrgico

Si el tratamiento conservador de la afectación de la PLB fracasa, debe plantearse la opción quirúrgica. También debe plantearse la opción quirúrgica de entrada, sin agotar las opciones conservadoras, en los casos de inestabilidad del bíceps en pacientes jóvenes o en la inestabilidad del bíceps tras rotura de manguito rotador⁷⁷, dado que el tratamiento conservador es poco efectivo con ellas.

El tratamiento quirúrgico debe ir encaminado a aliviar los síntomas y tratar la causa asociada que ha originado la afectación de la PLB. Es necesaria la búsqueda de patología del manguito rotador y descartar la presencia de conflicto de espacio subacromial o subcoracoideo⁸⁰. Si existe subluxación o luxación franca del tendón, es invariable la afectación del manguito rotador. Habitualmente se requiere sutura del tendón del subescapular, donde son especialmente frecuentes las roturas de sus fibras más craneales.

En cuanto al tratamiento de la afectación de la PLB, es necesaria la gradación de la lesión producida. Generalmente la inspección artroscópica de la anatomía de la PLB muestra las lesiones según las cuales se debe actuar quirúrgicamente, aunque es necesario saber que algunas afectaciones no son visibles en el proceso artroscópico estándar, como las lesiones dentro de la corredera o las distales a ella. Generalmente, si tras la exploración artroscópica se determina una afectación de la PLB inferior al 25% de su espesor, un desbridamiento superficial puede mejorar los síntomas sin alterar la inserción del tendón. Algunos autores prefieren realizar tenotomía o tenodesis de la PLB aunque la lesión sea pequeña y aislada, no dejando el desbridamiento como opción quirúrgica⁷⁷ para evitar dolores residuales.

Si la afectación de la PLB es primaria y aislada, se ha descrito mejoría clínica tras la descompresión y el desbridamiento o sinovectomía de lesiones de la PLB⁸¹. Sin embargo, si la inflamación se produce antes o después del trayecto en la corredera, puede persistir dolor residual⁸².

También se ha postulado la tenodesis del bíceps como tratamiento de la lesión de la porción superior del labrum glenoideo (lesión SLAP), en contraposición con la reparación de la lesión, es decir, el reanclaje del labrum. Ambas técnicas no han demostrado superioridad la una sobre la otra⁸³. Franceschi *et al.*⁸⁴ estudiaron los resultados de la reparación con junta de manguito y la lesión SLAP en mayores de 50 años, comparándola con la reparación de manguito y tenotomía de la PLB. Evidenciaron una mejor recuperación funcional en el caso de la tenotomía, aunque reportan un 59,3% de signo de Popeye.

Cuando la anatomía artroscópica del tendón evidencia una afectación mayor del 25% o lesión irreversible, la opción con desbridamiento es insuficiente y requiere una actuación directa sobre el tendón, realizando una desinserción proximal del mismo de forma aislada (tenotomía) o con reinserción distal (tenodesis). Cada opción tiene pros y contras, defensores y detractores, que se detallan a continuación.

2.5.1 Tenotomía

2.5.1.1 Descripción y tipos de tenotomía y sus ventajas

La tenotomía consiste en la desinserción de la PLB de su anclaje en el complejo glenolabral, permitiendo la migración distal del tendón y su salida de la articulación. Es un gesto técnico sencillo, rápido de realizar y no requiere un proceso rehabilitador complejo tras la cirugía. Se trata de una técnica conocida y que se ha estudiado ampliamente en la bibliografía, con buenas tasas de satisfacción postquirúrgica^{8,85}. Habitualmente se realiza en pacientes mayores o con baja demanda funcional^{25,86} por los efectos secundarios que se detallan más adelante. En el postoperatorio no precisa de una rehabilitación dirigida ni

restricciones en el arco de movilidad, por lo que se acorta el período de convalecencia de una manera importante.

2.5.1.2 Desventajas de la realización de la tenotomía

2.5.1.2.1 Deformidad estética

Según una reciente revisión sistemática⁸⁷, la deformidad estética tras la tenotomía es la única secuela estadísticamente significativa cuando se compara con los resultados de la tenodesis. Esta revisión ha cuantificado la presencia de la deformidad estética en un 42%. La migración del tendón tenotomizado ocasiona un descenso del vientre muscular del bíceps, produciendo la deformidad estética conocida como “signo de Popeye” (imagen 7), por la similitud con el brazo del conocido personaje de animación. Esto es debido a que, además del descenso del vientre muscular, se produce un aumento de la sección transversal del mismo por el acúmulo de la masa muscular en la región distal del brazo y una asimetría con el brazo sano. Esta deformidad estética es motivo de queja en el postoperatorio de muchos pacientes, por lo que es necesario advertir de la misma antes de la intervención.

En muchos casos, pese a que la deformidad está presente, no se percibe por parte del paciente. Esto ocurre entre un 27%⁸⁵ y un 40% de los casos⁸⁸, generalmente en pacientes obesos⁸⁹ o con masa muscular menos definida, además de en pacientes de más edad, habitualmente menos preocupados por la estética de su brazo. En otros casos, la presencia de la deformidad sólo es percibida durante la contracción muscular o, incluso paradójicamente, la deformidad no se produce.

Existen múltiples variaciones en el gesto técnico. Habitualmente se realiza la tenotomía cercana a la inserción, donde el tendón aumenta su volumen. Con ello se busca que el cabo proximal del tendón sea ancho (7-8 mm

de grosor⁹⁰), de manera que se detenga su descenso en la corredera bicipital más estrecha (2'5-4,7 mm), a modo de trampa china, y allí se fibrose. Esta cicatrización del muñón en el tejido blando distal se conoce con el término "autotenodesis", también favorecida por la presencia de las vínculas tendinosas, que también evitan la retracción del tendón^{10,91}. Este efecto ocasiona que la migración distal del cabo tendinoso sea limitada, por lo que la deformidad estética será menor. También explica que existan casos en los que, pese a realizar la tenotomía, no se evidencia la deformidad.



Imagen 7: Deformidad estética (signo de Popeye). Apréciase el descenso de vientre muscular del bíceps dcho tras intervención artroscópica en comparación con el no intervenido.

Algunos autores, buscando el efecto de la autotenodesis, limitan la extensión del codo con el uso de cabestrillo las primeras semanas tras la cirugía. Con ello favorecen las condiciones para que el muñón cicatrice en partes blandas⁹². El efecto de autotenodesis puede conseguirse modificando la técnica de tenotomía para magnificar el muñón proximal del tendón, de manera que se dificulte su migración distal al quedar éste anclado en la corredera bicipital. Las

técnicas que magnifican el tendón proximal son muy diversas. Unas realizan una exéresis de parte del labrum para aumentar el volumen del muñón tendinoso⁹³, otras realizan un bucle del tendón⁹⁴. Otros autores prefieren realizar una retracción térmica del muñón para aumentar su volumen⁹⁵ y los hay que realizan un corte longitudinal oblicuo del tendón que le configura una forma de ancla⁹⁶.

De la misma manera se intenta explicar que la presencia de la deformidad estética sea más frecuente en varones, con masas musculares más potentes, dado que facilitan la excursión distal del muñón de la tenotomía^{97,98}. Se ha calculado una *odds ratio* de 10,21 en varones para la presencia de signo de Popeye⁹⁹.

La presencia del signo de Popeye no deja de ser una apreciación subjetiva por parte del paciente o del explorador, con gran variabilidad interobservador¹⁰⁰. Algunos autores han intentado cuantificar su presencia mediante la medición de la distancia entre el punto de mayor volumen del bíceps y la inserción del pectoral mayor¹⁰¹ o con la punta del olecranon¹⁰², y comparándola con el lado sano.

A pesar de la elevada frecuencia de deformidad estética tras la tenotomía, no suele ser causa de revisión quirúrgica por ese motivo. Gregory *et al.*¹⁰³ analizaron las causas de la realización de revisión tras actuaciones sobre la PLB. Ningún paciente fue reintervenido por este motivo.

2.5.1.2.2 Calambres musculares

Otro de los posibles perjuicios de la tenotomía es la existencia de calambres musculares o espasmos en la región del vientre muscular del bíceps. Éstos se producen por la afectación de la contracción muscular al verse alterada la relación longitud-tensión del músculo. Se ha estimado en una revisión sistemática reciente, una incidencia en torno al 19%⁸⁷.

Habitualmente se suelen presentar en el postoperatorio inicial, aunque este dolor disminuye o desaparece pasados unos meses de la cirugía^{22,26}.

Por lo general, los calambres aparecen cuando se realiza la contracción muscular del bíceps en flexión resistida. En reposo no se suele evidenciar este tipo de calambres²⁴. También se ha apreciado mayor incidencia de calambres del bíceps en pacientes más activos físicamente⁸⁵.

La intensidad de los calambres también varía. Existen casos muy sutiles, algo más que una molestia en contracción, pero en los casos más severos, afecta de manera significativa la calidad de vida de los pacientes⁸⁵.

2.5.1.2.3 Fatiga dolorosa del bíceps

La fatiga dolorosa del bíceps es otra complicación de la tenotomía. Es diferente de los calambres musculares, aunque muchos autores no las diferencian. Se refieren simplemente como calambres o dolor en la zona del bíceps, sin especificar las características del dolor.

Algunos autores la cuantifican en un 21%⁸⁸. La fatiga dolorosa del bíceps se define como dolor difuso en la región muscular tras un tiempo de contracción mantenida. Es de inicio progresivo, a diferencia de los calambres (de inicio súbito), y ocasiona la merma de la capacidad de contracción mantenida en el tiempo. Los pacientes se refieren a él como “dolor muscular” o “discomfort muscular”⁸⁸. Por ello es fatiga (merma de la capacidad de contracción mantenida), por causa dolorosa y no por claudicación muscular fisiológica.

Kelly²⁴ estimó su presencia en un 37,5% en flexión resistida, tras la tenotomía de la PLB. Apreció diferencias estadísticas entre edades (64% en menores de 40 años, descendiendo a un 42% en las edades comprendidas entre 40 y 60 años, y dejaba de apreciarlas en pacientes por encima de 60 años) y entre sexos (82,7% en varones y 36,5% en mujeres). Otros autores también

han apreciado la disminución de la incidencia de fatiga dolorosa tras tenotomía en pacientes mayores de 60 años¹⁰⁴.

2.5.1.2.4 Pérdida de fuerza

Como es sabido, el bíceps braquial tiene dos inserciones proximales: la porción corta, que se ancla en la apófisis coracoides; y la porción larga, que se hace articular y se inserta en el complejo supraglenoideo. Ambas intervienen en la flexión del codo y la supinación del antebrazo, con participación variable.

Existe controversia en la bibliografía en si existe o no pérdida funcional de fuerza tras la realización de la tenotomía de la PLB. Para ello, diversos autores emplean métodos para la cuantificación de fuerza y fatiga, como el levantamiento de mancuernas de peso conocido hasta la claudicación²⁴, uso de dinamómetros tipo romana¹⁰⁵, dinamómetros manuales (isométricos)^{25,60,85} o isocinéticos²¹⁻²³. Estudian la diferencia entre el brazo tenotomizado y el brazo sano, bien comparando un grupo con otro o bien utilizando el índice de fuerza, teniendo como valor de referencia el lado sano.

Diversos autores han detectado **pérdida de la fuerza de flexión del codo** en comparación con el sano, de manera subjetiva⁸⁵ (30% de los pacientes, de los cuales severa un 16%) y/o objetiva (cuantificada mediante dinamómetro)^{21,22,106}. La pérdida estimada de fuerza de flexión de codo se estima entre un 7%²² y un 13,9%¹⁰⁶. Por el contrario, otros investigadores no han hallado estas diferencias entre el brazo tenotomizado y el sano⁸⁵. Kelly *et al.*²⁴ matizan que, en general, existen diferencias en el número de repeticiones de elevación de pesas entre el lado tenotomizado y el sano, pero que estas diferencias están ausentes en pacientes mayores de 60 años.

En cuanto a la **pérdida de fuerza de supinación del antebrazo** comparado con el brazo sano, los investigadores han estimado una pérdida de

entre un 9,1%²² y un 13%²¹. Otros autores no han apreciado estas diferencias en supinación⁸⁵.

Cuando se analiza la bibliografía buscando diferencias biomecánicas entre el brazo tenotomizado y el sano, llama la atención que se citan artículos sobre las roturas espontáneas de la PLB, a sabiendas de que no es exactamente lo mismo una tenotomía que una rotura espontánea del tendón. La tenotomía se realiza quirúrgicamente desinsertando el tendón de su inserción proximal (más ancha), produciendo un deslizamiento del muñón controlado por uso de cabestrillo y, por lo tanto, con mayor posibilidad de autotenodesis. Por el contrario, las roturas espontáneas se producen de forma brusca y violenta, mediante una contracción potente, y suelen asentar en localizaciones más distales, ocasionando mayor retracción distal del músculo, sin apenas posibilidad de autotenodesis¹⁰. En los artículos sobre roturas espontáneas tampoco hay consenso en cuanto a la pérdida de fuerza. Carroll¹⁰⁴ no evidencia diferencias en flexión con respecto al lado sano; sin embargo Mariani⁷⁸ sí aprecia un descenso del 8% de la capacidad de contracción en flexión y del 21% en la de supinación.

2.5.1.3 *Mecanismos adaptativos tras la tenotomía de la PLB*

A largo plazo, el descenso del vientre muscular tras la tenotomía y su diferencia inicial de la relación longitud-tensión del bíceps, ocasiona una serie de mecanismos adaptativos que justifican que, pese a los cambios en la estructura anatómica, los resultados clínicos funcionales y de satisfacción del paciente sean tan buenos⁸⁷.

The *et al.*²² analizaron los resultados clínicos y biomecánicos a largo plazo, con una media de seguimiento de siete años. Justifican su trabajo porque se debe conocer si los mecanismos adaptativos tras la tenotomía (hipertrofia del resto de musculatura flexosupinadora) consiguen compensar la progresiva

atrofia del bíceps. Con la evolución tras la tenotomía, los músculos que se hipertrofian para compensar la acción del bíceps son: la porción corta del bíceps, el braquial, el braquiorradial y los supinadores. Como se ha descrito previamente, diversos autores han informado de pérdida de la potencia de flexión del codo y supinación de antebrazo. Si embargo, en su estudio isocinético a largo plazo, The *et al.*²² apreciaron que el trabajo total realizado en todo el arco de movilidad disminuye únicamente un 5,1% en flexión y un 5,7% en supinación, mientras que en la fuerza pico realizada la pérdida es mayor: un 7% en flexión y un 9,1% en supinación. Estos resultados son explicados por los autores por la compensación del resto de músculos, y lo aprecian en los últimos grados del arco de movilidad, donde los mecanismos adaptativos intentan minimizar el déficit funcional producido por la tenotomía. Hablan de un “reclutamiento tardío” compensatorio parcial realizado por estos músculos, que no se aprecia en el estudio del brazo contralateral. Por ello, trabajos que impliquen la fuerza en todo el arco de movilidad, como el manejo del destornillador en todo el arco de supinación, o deportes como el remo, que trabaja el codo desde la extensión a la flexión máxima, estarán compensados y los pacientes apenas notarán el déficit.

2.5.1.4 Resultados clínicos de la tenotomía de la PLB

Pese a los inconvenientes que informa la bibliografía, los resultados clínicos de la tenotomía son buenos, y alcanza puntuaciones de satisfacción altas. Según los datos de la revisión sistemática de Slenker⁸⁷, cuantificando 699 tenotomías entre todos los estudios seleccionados, un 77% de los pacientes obtuvo buenos o excelentes resultados. No hubo diferencias clínicas entre el grupo de tenotomías y el de las tenodesis que alcanzaran significación más allá que la presencia de signo de Popeye.

En los casos en que se realizó reparación del manguito rotador concomitante a la tenotomía, los resultados también fueron buenos, con resultados buenos o excelentes entre el 72%⁸⁸ al 85%²⁵. La tasa de fallo en estos casos estuvo entre el 0%⁸⁶ y el 18%⁸⁸.

2.5.2 Tenodesis

2.5.2.1 Descripción y tipos de tenodesis.

La tenodesis de la PLB se introdujo para evitar la pérdida del anclaje proximal del bíceps, con el objetivo de distorsionar lo menos posible la anatomía del músculo y, ante todo, mantener la relación entre longitud y tensión del músculo, y con ello, su funcionalidad.

Existen múltiples formas y dispositivos para realizar la tenodesis del bíceps. Considerando el método de fijación, pueden ser realizadas mediante tornillo interferencial, anclaje con sutura, anclaje sin sutura, botón cortical o sutura simple a partes blandas. Puede realizarse tenodesis intraósea o extraósea. Según el lugar donde se asienta la tenodesis pueden ser subpectoriales o suprapectoriales, que se dividen a su vez en intracorredera (a lo largo de toda su extensión) o a la salida de la corredera. Según la técnica y la localización de la tenodesis puede realizarse de manera artroscópica o abierta. Todas estas opciones quirúrgicas tienen sus defensores y detractores, motivadas por los pros y contras de cada una de ellas y también por la experiencia del cirujano.

2.5.2.1.1 Tenodesis abierta vs artroscópica

En una revisión sistemática del año 2016, Abraham *et al.*¹⁰⁷ llegaron a la conclusión de que no existen diferencias entre los resultados de la tenodesis abierta y artroscópica. Ambas tienen muy buenos resultados clínicos en los

artículos incluidos en la revisión (98% de buenos y excelentes resultados), con muy pocos casos de dolor persistente (tres casos de 271 pacientes en el caso de la tenodesis abierta; y dos casos de 205 en la artroscópica). Los casos de fallo en la tenodesis, con resultado de migración distal del bíceps y signo de Popeye fueron dos en el grupo de tenodesis abierta, y tres en la artroscópica.

Gombera *et al.*¹⁰⁸ informaban de mayor riesgo de complicación en el caso de tenodesis abierta, porque la cirugía es más invasiva. Nho¹⁰⁹ cuantificaba estas complicaciones en un 2%, e informaba de casos como infección profunda, neuropatía del musculocutáneo o distrofia simpático refleja. Gombera *et al.*¹⁰⁸ también han apreciado casos de infección superficial, rigidez transitoria o parálisis transitorias del plexo braquial relacionadas con esta técnica. Pese al mayor riesgo teórico y los casos aislados de complicaciones, la revisión sistemática¹⁰⁷ no ha apreciado diferencias identificables entre ambas técnicas.

2.5.2.1.2 Según el método de fijación

Una vez se desinserta la PLB del complejo glenolabral es necesario fijar el muñón para evitar su migración distal. Existen múltiples métodos para realizar esta fijación. Muchos de ellos han sido objeto de análisis biomecánico en cadáver para cuantificar su resistencia primaria y la carga necesaria para hacer fallar el implante. El método de fijación ideal debe tener una suficiente estabilidad inicial que permita una rehabilitación postoperatoria sin peligro a fallo del implante¹¹⁰, siendo su técnica fácil y reproducible de ejecutar, con la menor agresividad posible y una perfecta biocompatibilidad.

Tornillo interferencial

El tornillo interferencial ha demostrado ser un método de fijación sólido en su uso, tanto en la región suprapectoral (abierta o artroscópica) como

2.5.2.1.2.1

infrapectoral (abierta). Boileau *et al.*¹⁰⁵ describen la técnica utilizando un tornillo reabsorbible en la región de la corredera bicipital, insertado artroscópicamente, con buenos resultados en la puntuación de Constant y una fuerza, medida con dinamómetro isométrico anclado al suelo, del 90% comparado con el brazo no intervenido.

Por el contrario, el uso del tornillo interferencial en la región subpectoral requiere cirugía abierta, con las potenciales complicaciones que conlleva. Además de ellas, se han observado complicaciones como el dolor bicipital persistente.

La técnica quirúrgica para la inserción del tornillo interferencial requiere el brocado de un orificio de tamaño considerable, teniendo en cuenta el tamaño y la consistencia del húmero proximal. Ello genera un estrés en la cortical humeral, pudiendo llegar a la fractura.

El uso de tornillos biodegradables se ha asociado a la formación de quistes, aunque se ha intentado minimizar con diferentes composiciones, como la del ácido poliláctico, con un período de reabsorción lento (más de 5 años), para evitar la reacción inflamatoria.

Túnel óseo (*keyhole fixation*)

La realización de la tenodesis utilizando la técnica de túnel óseo "*keyhole*" consiste en introducir el muñón distal del tendón en un orificio efectuado en el húmero, al que se le configura una forma de ojo de cerradura. Se realiza efectuando dos perforaciones unidas: la perforación proximal es de mayor diámetro, facilitando la entrada del muñón del tendón; la perforación distal es de menor diámetro, de manera que cuando el tendón se tensa, el muñón queda atrapado en una perforación menor a su diámetro, evitando la migración distal. Berlemann *et al.*¹¹¹ estudiaron la migración distal del cabo tendinoso utilizando esta técnica de anclaje mediante el uso de testigos metálicos en el muñón

tendinoso, e informaron de un 28% de resultados malos o fallidos. Otros autores también evidencian un porcentaje similar de fallos y migraciones⁹².

Anclaje atornillado

El uso de anclaje atornillado es ampliamente utilizado en la cirugía artroscópica por su facilidad de inserción. Los anclajes pueden ser metálicos o de material reabsorbible.

2.5.2.1.2.3 Friedman *et al.*⁶⁰ estudiaron las diferencias entre la tenotomía de la PLB y la tenodesis mediante anclaje atornillado en la corredera bicipital, sin evidenciar diferencias en las escalas de valoración funcional postoperatoria, aunque sí reportan mayor presencia de dolor residual en la corredera en el caso de las tenodesis y mayor presencia de calambre doloroso en el bíceps en el caso de las tenotomías.

Koh *et al.*²⁵ no evidenciaron diferencias clínicas ni pérdida de fuerza al comparar la tenotomía o tenodesis con anclaje atornillado en la corredera cuando se realiza conjuntamente con reparación del manguito rotador, aunque sí evidenciaron un mayor tiempo quirúrgico cuando se realiza tenodesis.

Anclaje sin implante

2.5.2.1.2.4 El avance del diseño de los dispositivos artroscópicos ha hecho posible el uso de anclajes sin implante, esto es, sin necesidad de tornillo. El dispositivo ofrece la ventaja teórica de evitar el uso de tornillos metálicos o implantes reabsorbibles. El sistema requiere un brocado de pequeño diámetro de únicamente una cortical del hueso, para poder introducir un sistema de hilo que, al tensarlo una vez introducido, modifica su tamaño. Este aumento de su diámetro evita que retroceda por el orificio brocado previamente.

Baleani *et al.*¹¹⁰ demostraron en un modelo cadavérico, la ausencia de diferencias en cuanto a elongación, rigidez o carga hasta fallo comparado con la tenodesis realizada con tornillo interferencial. Chiang *et al.*¹¹² tampoco evidenciaron diferencias biomecánicas utilizando este tipo de dispositivos.

Botón cortical

Diversos autores¹¹³⁻¹¹⁶ realizan las tenodesis de la PLB mediante el uso de botón cortical. Este dispositivo presenta la ventaja de ser una fijación sólida, dado que se ancla en la cortical humeral mediante un orificio de pequeño diámetro que atraviesa el húmero a través del cual se introduce el implante. Este tipo de fijación ha demostrado buenos resultados, comparables a la fijación mediante tornillo cortical¹¹⁷.

Sutura a partes blandas

La realización de la tenodesis de la PLB a partes blandas también ha sido estudiada en la bibliografía. En un intento de mantener la tensión del cabo proximal del bíceps, éste también puede ser suturado a las estructuras blandas más o menos cercanas a su inserción original. Biz *et al.*⁹⁷ estudiaron prospectivamente los resultados clínicos de la realización de tenotomía en comparación con tenodesis con tornillo o tenodesis al subescapular. Con el uso de la tenodesis al subescapular no evidenciaron el signo de Popeye en ningún caso, pero, como contrapartida, evidenciaron un 16,6% de dolor anterior, comparado con un 6,9% en el caso de la realización de la tenotomía.

Checchia *et al.*¹¹⁸ utilizan la técnica de tenodesis a partes blandas, suturando la PLB al tendón conjunto, lugar de inserción proximal de la porción corta del bíceps, reportando un 93,4% de buenos resultados.

Delle Rose *et al.*¹¹⁹ estudiaron en una serie de casos aislados de afectación de la PLB sin patología concomitante, tratados mediante tenodesis a partes blandas. Concluyen que el dolor postoperatorio mayor a cinco en la escala analógica visual es constante en todos los casos en un período de más de dos meses.

Dentro de este subtipo de tenodesis, algunos autores incluyen las tenotomías realizadas con magnificación del muñón, para que éste se ancle a la corredera bicipital. Lemos *et al.*⁹⁵ realizan esta magnificación del cabo distal mediante su retracción térmica, aunque no informa de resultados clínicos. Su *et al.*¹²⁰ han demostrado que la tenodesis mediante la magnificación del tendón (*T wedge tenodesis*) tiene rigidez y carga cíclica hasta fallo similares al tornillo interferencial.

2.5.2.1.3 *Tenodesis subpectoral o suprapectoral*

Es discutido el lugar óptimo de realización de la tenodesis. Ésta puede ubicarse en localización proximal (suprapectoral), distales a la inserción del pectoral mayor (infrapectoral) o en la región intraarticular⁷⁷.

Las tenodesis proximales, suprapectoral o intraarticulares, pueden ser realizadas mediante técnicas artroscópicas o abiertas. Pueden ser realizadas dentro de la corredera o justo a su salida, por encima de la inserción del tendón del pectoral mayor. Diversos estudios informan de buenos resultados cuando la tenodesis se realiza en esta localización^{121,122}, aunque, dado que conservan parte del tendón de la PLB, pueden llevar como complicación la persistencia del dolor bicipital o el fallo de la tenodesis^{105,111}.

Las tenodesis distales son realizadas mediante cirugía abierta, para reanclar el tendón por debajo de la inserción del pectoral mayor. La realización de las tenodesis distales también se asocia a complicaciones propias. No se pueden realizar mediante artroscopia y necesitan una disección de tejidos, por

lo que la agresividad quirúrgica es mayor, pudiendo ocasionar hematomas, seromas, lesión neurológica (nervio axilar o musculocutáneo) o vascular (arteria braquial)¹²³. Si la tenodesis distal se realiza mediante tornillo interferencial, hay que considerar que en esta localización el húmero es más estrecho, pudiendo debilitarlo o fracturarlo con la realización del túnel óseo.

Friedman *et al.*⁷⁷ realizaron un estudio retrospectivo donde informaban de una tasa de cirugía de revisión en las tenodesis proximales de un 12%, de las cuales divide en tenodesis proximales artroscópicas (35,7% de revisión), tenodesis proximales abiertas (12,5%) y tenodesis proximales abiertas con liberación de la vaina (0%). Detectaron diferencias estadísticas con las tenodesis distales (infrapectores), con una tasa de revisión del 2.7%

En el caso de las tenodesis proximales, diversos autores afirman que el dolor puede persistir en la zona de la corredera bicipital por la persistencia de tendinitis o estenosis^{101,103,123}, y abogan por la realización de tenodesis distales a la inserción del pectoral.

A nivel biomecánico, mediante estudios en cadáver¹²⁴, se ha demostrado una mayor rigidez al configurar la tenodesis en la región suprapectoral, con respecto a la tenodesis infrapectoral y la tenodesis intraarticular.

2.5.2.2 *Inconvenientes de la realización de tenodesis*

2.5.2.2.1 Inmovilización y tiempo de rehabilitación prolongado.

Diversos autores han mencionado el prolongado tiempo de rehabilitación como un inconveniente de la realización de la tenodesis^{87,88} en comparación con la tenotomía, que no requiere una rehabilitación ni inmovilización especial. La estabilización inicial de los implantes utilizados

actualmente para la tenodesis es sólida, pero requiere, según los diversos autores, una protección especial de los ejercicios de movilidad del bíceps, mediante el uso de cabestrillo hasta que se produzca la cicatrización del muñón proximal en el lugar de la tenodesis. Este período de protección los autores lo recomiendan durante al menos dos o tres semanas⁸⁸, llegando incluso a un mes^{60,77,101}, aunque se suele permitir la movilidad pasiva desde el inicio^{77,88}.

Tras la retirada del cabestrillo, usualmente se realiza un periodo de movilidad de flexión y supinación del codo pasivas auto asistidas^{60,123}, dejando para el segundo o tercer mes los ejercicios de potenciación o actividad resistida de la musculatura^{60,88}.

Delle Rose *et al.*¹¹⁹ informan de mayor tiempo de recuperación en el caso de tenodesis blanda, dado que la totalidad de sus pacientes presentaban dolor en el lugar de la tenodesis durante al menos dos meses tras la cirugía, incrementando por ello su tiempo de rehabilitación.

2.5.2.2.2 *Tiempo quirúrgico incrementado*

Derivado de la realización de la tenodesis, la bibliografía informa de un lógico incremento de la duración de la cirugía. La realización de la tenodesis requiere un tiempo para realizar cada uno de los gestos quirúrgicos constantes que se realizan invariablemente: desinserción proximal del tendón, preparación del muñón remanente, preparación de la zona de tenodesis, implante del dispositivo y sutura (si precisa). Esto hace a la cirugía más compleja y larga⁷⁷.

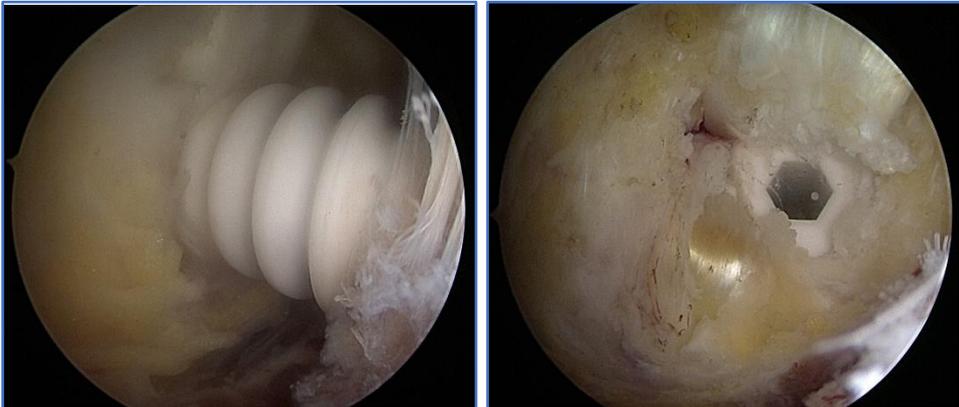
En un metaanálisis reciente, Ge *et al.*¹²⁵ apreciaron un incremento en la duración quirúrgica significativo cuando se realiza tenodesis de la PLB. Zhang²⁶ cuantificó en diez minutos más la duración del procedimiento en el que se realiza tenodesis de la PLB. En su estudio, Koh *et al.*²⁵ también informaban de una mayor duración de la cirugía, pero sin alcanzar la significación estadística.

2.5.2.2.3 *Uso de implante*

El hecho de necesitar un dispositivo también puede ser considerado un inconveniente de la realización de la tenodesis (ver imágenes 7 y 8). El incremento del precio, en ocasiones no desdeñable, también ha de tenerse en cuenta.

Pese a la mayor biocompatibilidad de los dispositivos actuales, no deja de ser un cuerpo extraño para el organismo, con la susceptibilidad para la formación de *biofilm* que puede llevar a la formación y permanencia de una colonización microbiana.

A todo esto, se suma el potencial peligro de la formación de granulomas de reabsorción del tornillo. La formación de estos quistes se ha descrito en la bibliografía como complicación del uso de los tornillos reabsorbibles en otras localizaciones anatómicas y configuran una contrapartida del uso de este tipo de implantes^{110,126}.



Imágenes 7 y 8: Visión artroscópica de la introducción del tornillo de tenodesis (izda) y su visión final (dcha).

2.5.2.3 Complicaciones de las tenodesis

Pese a que la tenodesis busca evitar las complicaciones asociadas a la tenotomía por la pérdida de la relación longitud-tensión, su uso no está exento de la presencia de complicaciones propias. Algunas complicaciones son comunes a todos los tipos de tenodesis y otras dependen del tipo de implante utilizado¹²⁷.

2.5.2.3.1 Dolor en la localización de la tenodesis

Diversos autores han informado de la posible persistencia de dolor en la zona de la corredera bicipital^{86,88,111,118}, que una revisión sistemática⁸⁷ cuantifica en un 24%.

El origen del dolor en los casos de tenodesis proximal se ha asociado con la persistencia de tendinitis, paratendinitis o estenosis en el tendón remanente, distal a la localización de la tenodesis. Moon *et al.*¹²⁸ realizaron un estudio anatomopatológico de la PLB e informaron de cambios degenerativos en el 80% de los tendones en el espacio distal a la corredera, lo cual puede justificar la permanencia del dolor cuando la tenodesis se realiza de manera suprapectoral.

En un estudio de cohortes en pacientes menores de 55 años, Friedman⁶⁰ detectó que la mitad de las tenodesis realizadas en la zona de la corredera tenían dolor en la zona de la tenodesis, independientemente del posible dolor en el hombro, aunque no precisó en ningún caso la reintervención por este motivo. Como contrapartida, Gregory¹⁰³ afirma que el 66% de las causas de reintervención de las tenodesis son por dolor persistente.

Delle Rose *et al.*¹¹⁹ aportan que las tenodesis realizadas a tejidos blandos ocasionan dolor en la zona anterior al menos durante dos meses en todos los pacientes.

Con la ventaja teórica de disminuir el dolor residual, Valenti *et al.*¹²⁹ describieron la técnica de la “tenodesis relajada”, es decir, la tenodesis en la cual se permite una disminución de la relación longitud-tensión permitiendo una migración distal de 0’5 cm antes de realizar el anclaje. Los autores no presentan resultados clínicos, pero sí demuestran una mejor vascularización de la PLB en la corredera bicipital.

2.5.2.3.2 Dolor bicipital persistente

El dolor bicipital persistente es una complicación frecuente en el caso de las tenotomías, aunque también se ha observado tras la realización de las tenodesis. Debe diferenciarse del dolor en la corredera bicipital del dolor en el lugar donde se realiza la tenodesis. Este dolor se localiza en la zona del vientre muscular. Los pacientes se refieren a él como un disconfort muscular, como un dolor “sordo y en profundidad”, similar en características al síndrome de dolorimiento muscular tardío (agujetas tras la práctica deportiva).

Diversos autores han estudiado su incidencia en los resultados tras las tenodesis. Hsu *et al.*¹³⁰ afirman que el dolor bicipital persistente es más frecuente en las tenodesis que en las tenotomías y lo cuantifica en un 24% de los pacientes. La ejecución de la tenodesis implica un riesgo relativo de dolor persistente de un 1,4 (*odds ratio* 1,5).

Boileau *et al.*⁸⁸ también observan casos de dolorimiento muscular en el bíceps en pacientes intervenidos mediante tenodesis (9%). Informa que hay menos casos de este tipo de complicación que en las tenotomías (21%), pero sin alcanzar la significación estadística.

También se ha asociado el “dolor humeral anterior” a la realización de tenodesis subpectoral. El origen de este dolor es difícil de determinar. Puede ser debido al dolor por causas de la tenodesis, pero también a patología concomitante. Mazzoca *et al.*¹²³ apreciaron este tipo de dolor en un 22% de pacientes intervenidos mediante tenodesis subpectoral, aunque refieren que ninguno requirió revisión quirúrgica por este motivo.

Gregory *et al.*¹⁰³, analizando las causas de revisión quirúrgica sobre actuaciones sobre la PLB, apreciaron algún nivel de dolor residual en esta región en un 53,3% de los casos, aunque también especificaban que en ningún caso fue ésta la causa por la que fue realizada la revisión.

2.5.2.3.3 Pérdida de la fijación y deformidad estética.

La pérdida de fijación por fallo del implante puede ocurrir en la superficie hueso-implante o en la superficie implante-tendón^{109,131}. Según Virk *et al.*¹²⁷ la incidencia de fallo es más acusada en la superficie implante-tendón. Como es lógico, la complicación es implante-dependiente, por lo que cada dispositivo presentará una resistencia inicial diferente. De la misma manera, la solidez inicial de la construcción depende del lugar anatómico donde se realice. Esta variabilidad hace que analizar estos fallos mediante estudios clínicos sea especialmente complejo.

Por el contrario, se han realizado estudios biomecánicos en cadáver, donde los diversos autores analizan mediante una carga cíclica y creciente la solidez de la fijación inicial de los diferentes dispositivos y lugares de realización de la tenodesis¹³²⁻¹³⁶. Habitualmente informan de carga máxima hasta el fallo y el número de ciclos que ha resistido cada una de las construcciones.

Se ha cuantificado la presencia del signo de Popeye en un 8% en una revisión sistemática⁸⁷, pese a la realización de la tenodesis. Diversos autores afirman su presencia entre el 0%¹⁰⁶ y el 25,8%⁹⁸. La explicación de esta

presencia puede justificarse por el fallo del implante¹⁰¹ (rotura o extrusión del mismo), por rotura del tendón remanente o por la tenodesis realizada sin mantener la tensión del tendón adecuada (tenodesis excesivamente relajada). Pese a la existencia de esta complicación, es estadísticamente menor que el porcentaje de deformidad en las tenotomías (un 42%), e igual que en las tenotomías, la deformidad muchas veces no es detectada por el paciente. Otros autores informan de hasta un 25% de alteraciones cosméticas tras la realización de la tenodesis¹³⁰.

La tasa de fallos de la tenodesis de la PLB puede verse infraestimada en la clínica, dado que no todos los fallos de la tenodesis producen un defecto estético. Lee *et al.*¹³⁷ demostraron mediante el uso de RMN un 9'7% de fallos tras la realización de la tenodesis, aunque la tasa de deformidad estética era únicamente del 5,6%.

2.5.2.3.4 *Fractura*

La fractura del húmero proximal es rara, pero está descrita tras la realización de la tenodesis. El brocado de la región proximal del húmero para la realización del orificio para la tenodesis es necesario en el caso del uso de tornillo interferencial y en la técnica *keyhole*, y son un punto de estrés para la cortical humeral, que puede desencadenar una fractura. Habitualmente las fracturas derivadas de la realización de la tenodesis ocurren intraoperatoriamente o en el primer mes, siendo su morfología oblicua o espiral. En la bibliografía llama la atención que la mayor incidencia de fracturas tras tenodesis ocurren en los casos en los que se utilizó la técnica subpectoral o la técnica *keyhole*¹³⁸⁻¹⁴¹.

2.5.2.3.5 Lesión vascular o nerviosa

Las lesiones neurovasculares se han asociado más frecuentemente con el uso de técnicas de cirugía abierta^{109,131}. Diversos estudios anatómicos han investigado la relación de proximidad entre la zona de tenodesis y las estructuras neurovasculares circundantes. Estructuras como la arteria braquial o los nervios musculocutáneo, cubital, radial o mediano son susceptibles de ser lesionadas durante la técnica. Diversos autores evidencian que la estructura que más frecuentemente se lesiona es el nervio musculocutáneo, aunque sus lesiones suelen ser transitorias¹⁰⁹. Es necesaria la precaución en el uso de retractores de partes blandas en la región medial en el caso de cirugía abierta.

Las lesiones de estructuras neurovasculares son especialmente frecuentes en los casos en que la cirugía artroscópica es larga (cuando se realiza sutura de manguito rotador o reparación labral), dado que el gesto quirúrgico sobre la PLB suele realizarse al final de la cirugía, cuando existe una mayor distorsión de la anatomía por la infiltración del líquido necesario para el procedimiento artroscópico¹²⁷.

Rhee *et al.*¹⁴² presentaron una serie de cuatro casos de lesión del plexo braquial durante la realización de tenodesis subpectoral abierta. Nho *et al.*¹⁰⁹ detallan la evolución natural de una lesión del nervio musculocutáneo.

2.5.2.3.6 Otras complicaciones

La existencia de otras complicaciones es especialmente baja (<1%), y son comunes a otros tipos de intervención quirúrgica. Éstas son:

Rigidez de hombro

Infeción

Hematoma

Distrofia simpáticorrefleja

2.5.2.3.7 Reintervenciones

Las causas de la reintervención por un problema derivado de la técnica de tenodesis pueden ser varias. Gregory *et al.*¹⁰³ analizaron retrospectivamente las causas por las cuales se indicó la revisión quirúrgica en pacientes intervenidos mediante tenotomía o tenodesis de la PLB. Veinte de los 21 pacientes en que se realizó reintervención fueron por tenodesis fallidas. En un 66% la causa de reintervención fue debida a dolor persistente y en un 33% por rotura del bíceps.

La necesidad de reintervención tras la realización de tenodesis varía en función de los autores. Algunos autores han estimado la tasa de reintervención global en torno al 12%^{143,144}. En los casos de tenodesis proximal, el porcentaje de reintervenciones llega incluso al 35,7% si se realiza de manera artroscópica.

Muchos autores evidencian menor porcentaje de revisiones cuando la tenodesis se realiza en la región subpectoral^{77,109}. Erickson *et al.*¹⁴⁵ analizaron la necesidad de reintervención en pacientes intervenidos de rotura de manguito aislada o en concomitancia con tenodesis abierta o artroscópica. Evidenciaron mayor tasa de reintervención cuando la tenodesis se realizó de manera artroscópica.

2.5.2.4 Resultados tras la realización de tenodesis de la PLB

Los resultados de la realización de tenodesis de la PLB son buenos, con un índice de satisfacción alto entre los pacientes. Se ha cuantificado un resultado bueno o excelente entre el 74% de los pacientes en una revisión sistemática⁸⁷. En el caso de tenodesis realizada en concomitancia con reparación del manguito rotador, los resultados varían entre el 63%¹¹¹ y el 93%¹¹⁸, con una tasa de fallo entre el 5%²⁵ y el 15%¹⁰⁵.

Estado actual de la evidencia sobre la biomecánica

3 Estado actual de la evidencia sobre la biomecánica

Los estudios que analizan los resultados y funcionalidad tras la intervención sobre el bíceps son abundantes, pero muchos de ellos no tienen en cuenta la mensuración de los parámetros biomecánicos para la comparación postoperatoria. Los estudios biomecánicos *in vivo* son pocos y casi ninguno aleatorizado. En este apartado se analizará la situación actual de la evidencia sobre el estudio biomecánico tras la realización de tenotomía o tenodesis de la PLB.

Slenker *et al.*⁸⁷, en su revisión sistemática, llegó a la conclusión de que los estudios sobre la biomecánica tras la actuación de la PLB son de poca calidad y con resultados dispares, por lo que no pudieron concluir diferencias entre tenotomía y tenodesis en cuanto a la pérdida de fuerza. Estos autores estudiaron los resultados de ambas técnicas basándose en artículos que informan lo apreciado en cada una de las técnicas por separado (comparando la técnica con el lado sano) o de forma conjunta (comparando los resultados entre tenotomía y tenodesis directamente). Analizaron un total de 699 tenotomías y 433 tenodesis entre los diversos los artículos que analizan para la realización de la revisión sistemática.

3.1 Estudios biomecánicos que analizan la fuerza de flexión y supinación

3.1.1 Estudios biomecánicos tenotomía vs brazo sano

Analizando la bibliografía hasta la fecha, muchos artículos comparan los resultados biomecánicos entre el brazo intervenido mediante tenotomía o

tenodesis y el brazo sano, que actuaría como control (ver tabla 1). En ese tipo de comparación suele evidenciarse un ligero descenso en los parámetros biomecánicos, tanto en el caso de tenotomías como en las tenodesis.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en la bibliografía cuando se analiza la fuerza de flexión y de supinación y se comparan con el brazo sano.

3.1.1.1 Estudios biomecánicos de fuerza de flexión del codo vs brazo sano tras la tenotomía de la PLB

Los trabajos que analizan parámetros biomecánicos tras la realización de tenotomía de la PLB y comparan los resultados con el brazo sano contralateral aprecian un descenso de la fuerza de contracción en flexión del codo de entre un 4,4% y un 14%^{21,22,99,106}. Otros autores no han apreciado diferencias⁸⁵. (Ver tabla 1).

3.1.1.2 Estudios biomecánicos de fuerza de supinación del codo vs brazo sano tras la tenotomía de la PLB

Cuando se analizan los déficits funcionales en cuanto a la fuerza de supinación se evidencia una pérdida de entre un 9% y un 15% de la fuerza pico tras la tenotomía de la PLB^{21,22}. Normalmente se suele medir utilizando un dinamómetro de torsión. Sin embargo, otros autores no evidencian diferencias en la fuerza de supinación⁸⁵ (ver tabla 1).

Autor	Estudio	Evidencia	Tipo dinamómetro
Mariani ⁷⁸ 1988	Rotura PLB vs sano	↓Flexión 8%; ↓Supinación 21%	*****
Kelly ²⁴ 2005	Tt vs sano	Diferencias en número de repeticiones de elevación de mancuernas hasta claudicación (Tt: 32,3; Td: 34,2)	Mancuernas
Drakos ⁶¹ 2008	Td vs sano	∅ Diferencias en número de repeticiones de elevación de mancuernas	Mancuernas
Shank ²¹ 2011	Tt vs sano Td vs sano	↓Flexión 13%; ↓Supinación 15% ∅ Flexión; ↓Supinación 13%	Isocinético Cybex
Lim ⁹⁹ 2011	Tt vs sano	↓Flexión 4,4%	Dinamómetro manual
Duff ⁸⁵ 2012	Tt vs sano	∅ Flexión; ∅ Supinación.	Dinamómetro manual
DeCarli ¹⁰⁶ 2012	Tt vs sano Td vs sano	↓Flexión 13,9% ↓Flexión 13,5%	Dinamómetro manual
The ²² 2014	Tt vs sano	↓Flexión 7% ↓Supinación 9,1% ↓Trabajo total 5%	Isocinético Cybex

Tabla 1: Resultados biomecánicos obtenidos por diversos autores tras la realización de tenotomía (Tt) o tenodesis (Td) de la PLB, y su comparación con el brazo sano.

3.1.2 Estudios biomecánicos tenodesis vs brazo sano

3.1.2.1 *Estudios biomecánicos de fuerza de flexión del codo vs brazo sano tras la tenodesis de la PLB*

Cuando se analizan los resultados biomecánicos tras la realización de tenodesis de la PLB comparándolos con el lado sano, también se aprecia una disminución de la fuerza de flexión entre un 8% y un 13,5%^{25,26,106} (ver tablas 1 y 2). Por el contrario, otros autores no han apreciado diferencias entre el brazo donde se ha practicado la tenodesis y el brazo sano^{21,26}

3.1.2.2 *Estudios biomecánicos de fuerza de supinación del codo vs brazo sano tras la tenodesis de la PLB*

En el caso de la fuerza de supinación, varios autores han apreciado un descenso de entre un 10% y un 13%^{21,26,60}, cuando se realiza la tenodesis del bíceps y se compara con el brazo sano (ver tablas 1 y 2).

3.1.3 Estudios biomecánicos que analizan tenotomía vs tenodesis

De la misma manera que algunos estudios comparan los datos biomecánicos con el brazo sano, que actúa como control pareado a cada paciente, existen referencias en la bibliografía que comparan los datos biomecánicos tras la realización de tenotomía con los resultados de las tenodesis de la PLB. Como ya se ha detallado con anterioridad, existen diferencias metodológicas (forma de medición de la fuerza, diferencias de técnicas y localización de la realización de la tenodesis, ...) que hacen difícil la

comparación entre estudios. Pese a ello, intentaremos hacer una aproximación de los hallazgos evidenciados en la bibliografía hasta la fecha.

3.1.3.1 Estudios biomecánicos que comparan la fuerza de flexión del codo tras tenotomía o tenodesis de la PLB

Muchos de los trabajos que comparan los resultados tras la tenotomía o tenodesis de la PLB se han realizado en concomitancia con otras actuaciones quirúrgicas, como las suturas de manguito rotador, reparación del SLAP u otras (ver tabla 2).

Existen muchos autores que no encuentran diferencias significativas cuando analizan los resultados de fuerza de flexión entre los grupos intervenidos mediante tenotomía o tenodesis de la PLB^{21,25,26,60,98,106,137}.

3.1.3.2 Estudios biomecánicos que comparan la fuerza de supinación del codo tras tenotomía o tenodesis de la PLB

En cuanto a la comparación de la fuerza de supinación del antebrazo al realizar tenotomía o tenodesis de la PLB, existen autores que evidencian una pérdida de la fuerza de supinación al realizar la tenotomía^{98,137}, mientras que otros autores no la evidencian^{21,26,60,146} (ver tabla 2).

Autor	Estudio	Evidencia	Tipo dinámómetro	Nº	Seguimiento
Boileau ⁸⁸ 2007	Retrospectivo Manguito irreparable + Tt vs Td	Solo mide fuerza de abducción	Spring balance	68	3 años
Koh ²⁵ 2010	Cohortes prospectivo Manguito/SLAP + Tt vs Td	No diferencias en flexión.	Manual	90	2 años
Shank ²¹ 2011	Casos y controles retrospectivo Tt vs Td	No diferencias flexión ni supinación	Isocinético Cybex	36	6 meses
Şentürk ¹⁴⁶ 2011	Retrospectivo Tt vs Td	No diferencias flexión ni supinación	Isocinético Cybex	30	3 años
DeCarli ¹⁰⁶ 2012	Prospectivo aleatorizado Tt vs Td	No diferencias flexión	Manual	65	2 años
Zhang ²⁶ 2013	Ensayo clínico aleatorizado Tt vs Td	No diferencias flexión ni supinación	Manual	151	2 años
Friedman ⁶⁰ 2015	Cohortes retrospectivo Tt vs Td blanda	No diferencias flexión ni supinación	Manual	42	>2años
Lee ¹³⁷ 2016	Ensayo clínico aleatorizado. Manguito + Tt/ Td	No diferencias Flexión ↑ Supinación en Td	Manual	128	2 años
Oh ⁹⁸ 2016	Prospectivo aleatorizado Tt vs Td vs desbridamiento	↓Supinación en Tt ∅ Flexión	Manual instalado en mesa	86	2 años

Tabla 2: Resultados biomecánicos obtenidos por diversos autores tras la comparación directa de los resultados entre tenotomía (Tt) y tenodesis (Td) de la PLB.

3.2 Estudios que analizan la fatiga tras tenotomía o tenodesis de la PLB

No son muchos los artículos en la bibliografía que se plantean la fatiga como parámetro a medir para evaluar los resultados tras la tenotomía o tenodesis del bíceps. Clásicamente los resultados biomecánicos se han evaluado con la medición de la fuerza pico isométrica o la fuerza isocinética, como ya se ha señalado anteriormente. El estudio de la fatiga, objetivo principal del presente trabajo, puede ser más representativo de los resultados tras la realización de una cirugía sobre la PLB, dado que las actividades cotidianas se basan en contracciones submáximas repetidas en el tiempo¹⁴⁷ y no en una única contracción máxima. **Es por esto, por lo que el estudio de la fatiga del bíceps, y no únicamente la fuerza puntual, puede ser relevante para evidenciar diferencias entre la tenotomía y la tenodesis, que estudios biomecánicos previos no llegaban a diferenciar^{102,148}.**

Shank *et al.*²¹, analizando los resultados biomecánicos tras la realización de tenotomía o tenodesis, menciona en su publicación que los hallazgos evidenciados son estimaciones puntuales de fuerza y acepta, como limitación de su trabajo, que la estimación debería cuantificar la fatiga.

Se analiza a continuación lo que la bibliografía aporta en relación al estudio de la fatiga tras la tenotomía o tenodesis de la PLB.

Son pocos los autores que analizan la fatiga como medición de los resultados en sus trabajos. Algunos autores^{24,61} hacen una aproximación al estudio de la fatiga mediante el uso de elevaciones de mancuernas de peso conocido en el brazo intervenido y anotan el número de repeticiones que el paciente es capaz de realizar antes de la claudicación del brazo. Ésta es una manera a priori accesible de realizar un estudio de la fatiga, aunque no está exenta de crítica metodológica, dado que no tiene en cuenta la fuerza de base del brazo del paciente. No es lo mismo analizar el número de elevaciones de mancuernas de un paciente varón joven y trabajador manual con las

repeticiones que pueda realizar una mujer anciana. Si bien, cuando se compara el resultado con el brazo sano y se establece una ratio entre ambos, el sesgo disminuye.

Kelly *et al.*²⁴, analizaron los resultados tras la realización de tenotomía de la PLB, comparándolos con el brazo no intervenido. En su estudio utilizaron mancuernas de 10 libras para el estudio de la fatiga y evidenciaron una diferencia estadística entre el número medio de elevaciones que puede realizar el brazo tenotomizado (32,3) y las del brazo sano (34,2).

Drakos *et al.*⁶¹ no encontraron diferencias en el número de elevaciones de mancuerna de 10 libras entre el brazo sometido a transferencia de la PLB al tendón conjunto (33,2 repeticiones) cuando lo compara con el brazo sano (34,5 repeticiones), con una diferencia lado a lado de 1,72 repeticiones.

Finalmente, en un estudio más elaborado, Friedman *et al.*⁶⁰, de manera retrospectiva, analizan los resultados biomecánicos tras la realización de tenotomía o tenodesis. Analizan la fuerza pico de supinación de antebrazo y de flexión de codo en posición neutra y en supinación, comparándolas con el brazo sano. Posteriormente realizan un ejercicio fatigante mediante la elevación de mancuernas de 10 libras y vuelven a realizar una nueva determinación de las fuerzas pico de supinación y flexión. El estudio no encuentra diferencias en fuerza de flexión de codo, fuerza de supinación de antebrazo ni número de repeticiones del test fatigante, así como tampoco evidencia diferencias en el estudio postfatiga.

En vista de lo expuesto en la bibliografía podemos resumir que **los autores hasta la fecha se han centrado en estudiar los parámetros biomecánicos de fuerza** tras la intervención sobre la PLB. Algunos incluso han estudiado los cambios en la fuerza de contracción o supinación que ocurren tras un ejercicio fatigante del bíceps, pero **ningún artículo hasta la fecha se ha centrado en el estudio del proceso de la fatiga del bíceps como parámetro principal a estudiar**. Entendemos que pequeños cambios de aproximadamente un 15% de la fuerza de contracción del codo o supinación del antebrazo puede

no tener repercusiones clínicas muy evidentes, sin embargo, cambios en la duración hasta la claudicación del bíceps puede ocasionar mermas funcionales importantes en pacientes con requerimientos físicos importantes, como pueden ser los trabajadores manuales.

Hipótesis y Objetivos

4 Hipótesis

Establecemos como hipótesis nula (H_0) la no existencia de diferencias biomecánicas entre los resultados de ambas técnicas (tenotomía y tenodesis), entendida como tiempo hasta la claudicación al someter al bíceps a una carga isométrica mantenida en flexión de codo, a un 33% de la capacidad de la contracción máxima.

La hipótesis alternativa (H_1) encontrará diferencias entre ambas técnicas en el tiempo hasta claudicación. El grado de significación se acepta con una probabilidad de error menor del 5% ($p= 0,05$).

El rechazo o la aceptación de la hipótesis nula y el correspondiente comportamiento complementario de la hipótesis alternativa, dependerá de que se encuentren o no diferencias estadísticamente significativas en los resultados biomecánicos (tiempo hasta claudicación) de ambas técnicas. Así concluiremos que la variable estudiada posee o no diferencias biomecánicas.

5 Objetivos

5.1 Objetivo general:

Comparar los resultados biomecánicos de la funcionalidad del brazo en pacientes sometidos a tenotomía o tenodesis de la porción larga del bíceps braquial.

5.2 Objetivos específicos:

Objetivo principal:

El parámetro principal se establece como el tiempo en segundos hasta claudicación del bíceps cuando éste realiza una contracción isométrica mantenida con el codo a 90° de flexión, manteniendo la contracción a un 33% de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM), medida en Newtons, recogida previamente.

Objetivos secundarios:

- Buscar diferencias entre otros parámetros biomecánicos secundarios:
- Cálculo de la diferencia de fuerza de flexión de codo (newtons) en contracción voluntaria máxima antes y después de la fatiga del bíceps.
- Pérdida de fuerza (newtons) en supinación de antebrazo con el codo a 90° pre y postfatiga del bíceps.

- Rangos de movilidad: en abducción, flexión, rotaciones interna y externa; y rotación externa con el brazo en abducción.
- Buscar diferencias entre los resultados clínicos: Dolor, nivel de actividad, dificultades en la vida diaria, laboral u ocio, satisfacción, deformidades percibidas, ...
- Buscar diferencias entre ambas técnicas quirúrgicas: duración de la cirugía, número de implantes, complicaciones, ...

Métodos

6 Métodos

6.1 Diseño del estudio

Se trata de un estudio intervencionista o experimental, tipo ensayo clínico aleatorizado, con un seguimiento longitudinal prospectivo, ciego por terceros (investigador que recoge los resultados desconoce la técnica empleada), en búsqueda de diferencias en los resultados de dos técnicas quirúrgicas en el tratamiento de una misma patología.

6.2 Ámbito, población de estudio y muestra

6.2.1 Ámbito

Estudio tipo ensayo clínico aleatorizado prospectivo y bicéntrico (Unión de Mutuas – Hospital Intermutual de Levante, San Antonio de Benagéber-Valencia; y Hospital de la Malvarrosa de Valencia).

6.2.2 Población de estudio

Población de referencia: Población con diagnóstico de patología del tendón de la porción larga del bíceps braquial.

Población accesible: pacientes con diagnóstico de patología del tendón de la porción larga del bíceps braquial afiliados a la mutua laboral “Unión de Mutuas MATEPSS nº 267” y pacientes del área de salud del Hospital Clínico – Malvarrosa de Valencia.

Población estudiada o muestra: pacientes con diagnóstico de patología del tendón de la porción larga del bíceps braquial afiliados a Unión de Mutuas Valencia y pacientes del área de salud del Hospital Clínico – Malvarrosa de Valencia durante el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2013 y el 30 de junio de 2016.

6.2.3 Criterios de inclusión

Todos los pacientes varones, de entre 18 y 65 años, con lesiones de la PLB que requieran intervención quirúrgica artroscópica sobre ella, bien aisladamente o en concomitancia con otros procedimientos artroscópicos. Definimos lesión de la PLB como desgarro parcial >30% de su sección transversal; subluxación; luxación franca o lesión SLAP (lesión anteroposterior del labrum superior) tipo 2, que no hayan mostrado mejoría significativa en el tratamiento conservador (analgésicos-antiinflamatorios, rehabilitación y/o infiltraciones de corticoides), diagnosticados previamente mediante sospecha clínica en la exploración física, diagnóstico de sospecha mediante técnicas de imagen y constatados *de visu* durante el tratamiento artroscópico.

6.2.4 Criterios de exclusión

- Lesiones de la PLB menores del 30% de la sección transversal que no requieran tenotomía o tenodesis, generalmente tratadas mediante desbridamiento artroscópico.
- Falta de consentimiento informado del paciente.
- Cirugía previa del hombro afecto o contralateral.
- Rotura espontánea de la PLB en el estudio prequirúrgico.
- Cambios degenerativos artrósicos en el estudio previo.

- Falta de motivación para cumplir el protocolo de rehabilitación postoperatorio.

6.2.5 Número de sujetos del estudio

Previo al inicio del ensayo clínico se realizó un estudio retrospectivo piloto con el fin de conocer la variabilidad del parámetro principal a medir para poder conocer el número de pacientes necesarios a incluir en el estudio. El parámetro principal se establece como el tiempo en segundos hasta claudicación del bíceps cuando éste realiza una contracción isométrica mantenida con el codo a 90° de flexión, manteniendo la contracción a un 33% de la Contracción Voluntaria Máxima (en Newtons) recogida previamente. De dicho estudio se desprende que la desviación típica del tiempo hasta claudicación es del orden de 50 segundos. Para detectar una diferencia de medidas de 40 segundos (el 30% del tiempo medio de fatiga), utilizando un nivel de significación $\alpha = 0,05$ con una potencia del 80% y suponiendo una desviación típica de 50 segundos, se necesita observar a 25 pacientes por grupo, 50 en total.

6.3 Protocolo del estudio

6.3.1 Recogida de datos prequirúrgicos

Se presentó el estudio a todos los pacientes en los que se sospechó una evidente o posible afectación del tendón de la porción larga del bíceps (como lesión única o como lesión concomitante a otras patologías), informado de la posible afectación de la PLB, las opciones de tratamiento en caso de confirmar su afectación y las posibles implicaciones de cada una de las técnicas.

Previamente a la cirugía se recogió en una visita por parte el investigador principal:

- El consentimiento informado, validado por los comités de ética, por escrito. No fueron incluidos en el estudio los pacientes que no dieron su consentimiento por escrito.
- Las escalas de valoración de funcionalidad del hombro: escala Constant, UCLA y SSI.
- El dolor percibido por el paciente, mediante la escala analógica visual (EVA).
- Los hallazgos radiológicos prequirúrgicos:
 - En la Resonancia magnética:
 - Tipo de lesión de la PLB (subluxación, luxación, tendinitis, delaminación).
 - Patologías concomitantes (rotura manguito rotador, patología labral, ...)
 - Si existe lesión del manguito: tipo de rotura, cm de retracción de manguito, grados Goutalier de degeneración grasa muscular, tendones implicados.
- Tipo de trabajo que desempeña y escala de actividad física (*activity score* y cuestionario IPAQ -*International Physical Activity Questionnaire*-), buscando objetivar cuantitativamente el nivel de actividad física de cada paciente en equivalentes metabólicos (METS).
- Parámetros biométricos: altura (en cm); peso (en Kg); perímetro bicipital en reposo y en contracción (en cm); porcentaje grasa (mediante plicómetro accionado 2 cm superior y 2 cm medial a la espina ilíaca anterosuperior en 3 mediciones).

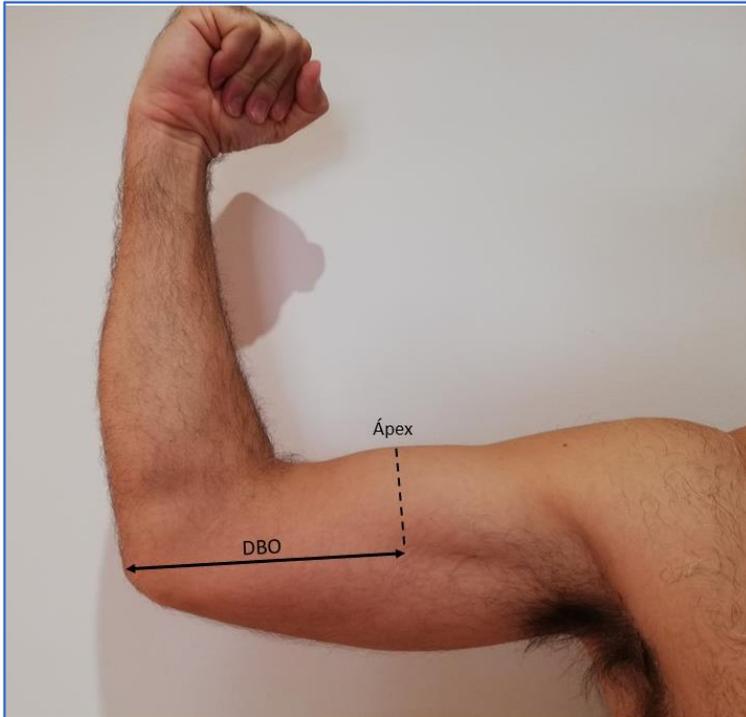


Imagen 9: Esquema de la medición de la distancia desde el ápex del vientre muscular del bíceps braquial al olécranon. DBO: Distancia bíceps – olécranon.

- Distancia ápex-olécranon (ver imagen 9): distancia del olecranon a la zona de máximo volumen bicipital en contracción, con el codo a 90° en cm.

6.3.1.1 Recogida de datos biomecánicos prequirúrgicos

El protocolo biomecánico^{102,148} consistió en la realización de las siguientes determinaciones en ambos brazos: 1) contracción voluntaria máxima de flexión, 2) supinación voluntaria máxima, 3) test de fatiga, 4) contracción isométrica de flexión tras la fatiga y 5) supinación voluntaria máxima postfatiga.

6.3.1.1.1 Contracción voluntaria máxima (CVM) de flexión

Los sujetos fueron evaluados en sedestación, con la espalda recta, con el codo flexionado a 90° sin apoyo. La fuerza de contracción del codo se determinó con el antebrazo supinado, horizontal con respecto al suelo y el transductor posicionado en la región volar de la muñeca (imágenes 10 y 11). Se cuantificó la fuerza ejercida verticalmente mediante el dinamómetro manual *Commander Muscle Testing* (JTECH Medical, Salt Lake City, USA) y los resultados expresados en newtons. Los sujetos realizaron tres ejercicios de contracción isométrica máxima en flexión de ambos codos. Verbalmente se animó a que las contracciones fuesen lo más intensas posibles. Si los resultados de las 3 determinaciones diferían en más del 5%, se realizó otra determinación adicional. De todos los ejercicios se tomó como CVM el parámetro mayor^{102,148}.



Imagen 10: Dinamómetro de muñeca Commander Muscle Testing.



Imagen 11: Dinamómetro de muñeca Commander Muscle Testing (vista del transductor y pantalla principal).

6.3.1.1.2 *Supinación voluntaria máxima (SVM)*

Para la determinación de la fuerza supinadora del antebrazo, se evaluó al sujeto en sedestación, con el codo flexionado a 90°, con el antebrazo en pronación y la mano empuñando la palanca del dinamómetro de torsión *Baseline Hydraulic Wrist Dynamometer* (FEI, White Plains, USA). La fuerza de torsión fue medida al ejercer fuerza de supinación sobre la palanca, y los resultados expresados en newtons (ver imagen 12a y 12b).

Los voluntarios realizaron en 3 ocasiones la prueba de supinación máxima, intentando alcanzar el mayor valor posible. Si los datos diferían en más de un 5%, fue realizada otra determinación adicional. De todos los ejercicios se tomó como SVM el parámetro mayor^{102,148}.



Imagen 12a: Dinamómetro de torsión Baseline Hydraulic Wrist Dynamometer



Imagen 12b: Dinamómetro de torsión Baseline Hydraulic Wrist Dynamometer.

6.3.1.1.3 Test de fatiga

Tras realizar los anteriores ejercicios, se realizó una contracción submáxima en flexión, mantenida en el tiempo, hasta la claudicación. La fuerza fatigante fue determinada en función de la contracción máxima en flexión, calculando el 33% de la CVM obtenida previamente. El test concluyó cuando el paciente claudicó completamente o cuando la fuerza de contracción cayó por bajo del 10% del valor objetivo durante más de 5 segundos, a pesar de los ánimos del examinador. El tiempo hasta la claudicación se objetivó en segundos y el paciente no fue conocedor del resultado hasta completar el estudio^{102,148}.

6.3.1.1.4 CVM tras la fatiga

Dentro de los 10 segundos tras la claudicación del test de la fatiga, se determinó la contracción voluntaria máxima en flexión de codo de la misma manera en que se especifica en la medida prefatiga^{102,148}.

6.3.1.1.5 SVM tras la fatiga

Seguidamente a la determinación de la CVM postfatiga, intentando hacer la determinación dentro de los 10 segundos tras la claudicación del test de la fatiga, se determinó la supinación máxima en flexión de codo de la misma manera en que se especifica en la medida prefatiga^{102,148}.

6.3.2 Aleatorización

Se realizó una aleatorización por bloques de 10 sujetos, de los pacientes incluidos en el estudio, para obtener un número similar de pacientes en ambos grupos, sin merma de la efectividad de la aleatorización. El investigador principal fue desconocedor de la secuencia de aleatorización hasta el final de la fase de recogida de datos, pues fue llevada a cabo por colaborador externo al estudio.

La técnica asignada por el proceso de aleatorización se introdujo en un sobre lacrado que impidiese su lectura antes del momento de la cirugía. Fue en el momento de la cirugía, una vez constatada la necesidad de actuación sobre la PLB, cuando se realizó la apertura del sobre lacrado y se ejecutó la técnica especificada en el sobre. De esta manera, un paciente preseleccionado para entrar en el estudio por sospecha de lesión de la PLB, pero que intraoperatoriamente se descarta la necesidad de actuar sobre ella, no induce a apertura del sobre lacrado. Los resultados se analizaron por intención de tratar.

6.3.3 Recogida de datos durante la cirugía

Durante la realización de la cirugía, fueron recogidos los siguientes datos y reflejados en el protocolo quirúrgico, para su posterior estudio:

- Posición del paciente, descripción de los portales artroscópicos utilizados.
- Hallazgos en la exploración artroscópica:
 - Grado de lesión de la PLB: grados y tipos de afectación de la PLB: presencia de tendinitis, porcentaje de espesor de la rotura con respecto al volumen total, presencia de subluxación o luxación franca, ...
 - Determinación y gradación de los procesos concomitantes:
 - Presencia y gradación de afectación del manguito rotador: localización, tipo de rotura, tamaño, forma macroscópica de la rotura, tendones implicados, grado de retracción de los tendones implicados, ...
 - Presencia y gradación de síndrome subacromial o bursitis subacromial.
 - Presencia y gradación de patología articular: lesiones labrales, lesiones condrales, ...
- Duración de la cirugía.
- Procedimiento quirúrgico detallado, sobre la PLB y sobre el resto de patologías concomitantes.
- Implantes utilizados: número, tipo y localización.

6.3.4 Enmascaramiento

La recogida de datos postquirúrgicos fue llevada a cabo por el investigador principal, que fue desconocedor de la técnica quirúrgica realizada,

dado que ha carecido de acceso al protocolo quirúrgico hasta el final de la fase de recogida de datos.

Buscando no alterar el ciego del explorador, cada sujeto incluido fue informado al principio del estudio de que no debía revelar información sobre la técnica quirúrgica empleada en el momento de las revisiones postquirúrgicas.

6.3.5 Recogida de datos tras la cirugía

Tras la realización de la cirugía se recogió de manera detallada la siguiente información referente al proceso postoperatorio, siendo detallado en la historia clínica del paciente:

- Duración del ingreso hospitalario.
- Fecha de inicio de rehabilitación.
- Protocolo de rehabilitación y adhesión al mismo, especificando dificultades y problemas en el mismo.
- Complicaciones precoces.
- Fecha de reincorporación laboral.

6.3.5.1 *Valoraciones postoperatorias, visitas de seguimiento evolutivo*

Durante el proceso evolutivo postoperatorio de cada paciente, fueron realizadas visitas en consulta para obtención de la siguiente información por parte del investigador principal (sin merma de las consultas clínicas necesarias por parte del equipo médico colaborador) a los 3, 6 y 12 meses de la intervención:

- Escalas validadas de valoración de funcionalidad del hombro (escala Constant, UCLA y SSI) y dolor mediante escala analógica visual (EVA).
- Parámetros biométricos: perímetro bicipital en reposo y en contracción (en cm); distancia olécranon-zona de máximo volumen bicipital en contracción, con el codo a 90° (en cm), ver imagen 9.

6.3.5.2 *Estudio biomecánico postoperatorio*

En cada una de las visitas de seguimiento evolutivo, realizadas a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, se recogieron los siguientes datos:

- Rangos de movilidad activos y pasivos del hombro, en grados, de la antepulsión, abducción, rotación externa e interna. Se prestó especial atención a los grados de rotación externa con el brazo en abducción.
- Fuerza en newtons o Kg de la antepulsión de hombro en el ángulo de la escápula, con el brazo en pronación y codo estirado,
- Protocolo biomecánico postoperatorio:
 - De la misma manera que en el estudio preoperatorio (detallado anteriormente), se realizó en ambos brazos: 1) contracción voluntaria máxima de flexión, 2) supinación voluntaria máxima, 3) test de fatiga, 4) contracción isométrica de flexión tras la fatiga y 5) supinación voluntaria máxima postfatiga.

6.4 Descripción de la técnica quirúrgica

A continuación, se detalla la técnica quirúrgica empleada para la tenotomía y la tenodesis de la PLB, con independencia del resto de gestos

quirúrgicos para el tratamiento de la patología concomitante que se ha descrito en la tabla 4.

En todos los pacientes fue realizada una anestesia mediante bloqueo interescalénico y posterior anestesia general. La intervención quirúrgica fue llevada a cabo mediante artroscopia de hombro en decúbito lateral y tracción del brazo.

6.4.1 Técnica de tenotomía de la PLB

La técnica de tenotomía del bíceps consistió en realizar la desinserción de la porción larga del complejo glenolabral superior mediante electrocoagulador, cercana a su inserción, pero respetando el rodete glenoideo. Cercana a su inserción, la PLB muestra un grosor mayor que en el resto de su recorrido intraarticular y mayor grosor que la corredera bicipital, para favorecer su detención en dicha localización y facilitar la autotenodesis. No se han utilizado técnicas de magnificación del muñón. La técnica quirúrgica es objeto de discusión en el apartado 8.4.

6.4.2 Técnica de tenodesis de la PLB

La técnica de tenodesis de la PLB comienza referenciando la porción intraarticular del tendón mediante una sutura. Visualizando la PLB desde el espacio glenohumeral, se localiza la entrada de la corredera bicipital mediante la ayuda de una aguja percutánea que se coloca atravesando la PLB. Posteriormente se pasa al espacio subacromial, buscando la localización de la aguja que marca la entrada de la corredera. Se realiza la apertura de la corredera mediante la sección del ligamento humeral transverso y se extrae la PLB para apreciar el surco intertubercular y decidir la localización de la tenodesis, unos 2 cm inferior al vértice superior de la tuberosidad mayor,

siempre en el trayecto de la corredera. Con ayuda de la “horquilla” que ofrece el sistema *Biceptor* (Smith & Nephew, Andover, MA), se realiza la inserción de una aguja guía en el lugar de la tenodesis, para posteriormente brocar la primera porción del hueso con una broca de un diámetro similar al tornillo interferencial *Biosure PK* (Smith & Nephew, Andover, MA) que se desee utilizar (normalmente 9 mm de diámetro), y de una profundidad 0’5 cm mayor a la longitud del tornillo (lo más habitual es brocar 20 mm para inserción de un tornillo de 15 mm de longitud), teniendo especial cuidado en no lesionar el tendón de la PLB. Una vez realizado el túnel óseo y retiradas las partes blandas circundantes, se insinúa el tendón con ayuda de la “horquilla” en la entrada del orificio, donde se mantiene con ayuda del ayudante quirúrgico. En ese momento se procede a la tenotomía desde el espacio glenohumeral, de forma idéntica al apartado 6.4.1. Se introduce el tendón hasta el fondo del túnel óseo, favoreciendo el deslizamiento únicamente de la porción proximal del tendón, para evitar el sobretensionado. Si la tensión es la deseada, se introduce el tornillo interferencial *Biosure PK*. Tras este paso, reseca el remanente proximal del tendón.

El modelo de realización de tenodesis es objeto de discusión en el apartado 8.4.

6.5 Protocolo de rehabilitación postoperatoria

El protocolo de rehabilitación postoperatoria se muestra en el anexo 10.

6.6 Análisis estadístico

Se ha utilizado el programa SPSS 15.0 (SPSS Inc, Chicago, IL) para el análisis de los datos recogidos de la muestra. Se ha realizado un análisis exploratorio del banco de datos utilizando técnicas básicas de estadística

descriptiva en ambos grupos de tratamiento, y expresado las variables cuantitativas en forma de media \pm desviación típica, y las variables cualitativas en número absoluto y porcentaje del total. Se ha analizado la normalidad de las variables numéricas utilizando el test de Kolmogórov-Smirnov.

Para la valoración de los objetivos propuestos se han utilizado técnicas estadísticas de comparación de grupos. En concreto, para la comparación de variables continuas entre los dos grupos, se ha utilizado el test t-Student o su alternativa no paramétrica, U de Mann-Whitney, según el resultado del test de normalidad. Para la comparación de proporciones se ha utilizado el test Ji-cuadrado o su alternativa no paramétrica, test exacto de Fisher, en función del número de casos. En algunos casos, y según la normalidad de las variables, se ha expresado la dispersión de los datos expresando el intervalo de confianza al 95%.

Los gráficos se han expresado en forma de diagrama de cajas y bigotes, expresando la caja los cuartiles primero (Q1) y tercero (Q3), el valor de la mediana (Q2) en forma de línea; y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

Resultados

8 Resultados

8.1 Descripción de la muestra

8.1.1 Sujetos del estudio y seguimiento

Entre noviembre de 2013 y julio de 2016 se realizó la inclusión de pacientes al estudio, realizándose la toma de datos preoperatoria y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención quirúrgica. En total se realizaron 70 valoraciones preoperatorias de pacientes posibles candidatos a la intervención quirúrgica sobre la PLB, basándose en los criterios de inclusión detallados en la sección “Material y Métodos”. Cuatro pacientes no dieron su conformidad para la realización del estudio, por lo que se realizó la exclusión de los mismos antes de la aleatorización. Durante la intervención quirúrgica, se confirmó la necesidad de actuación sobre la PLB (distinta del desbridamiento simple), en 45 de ellos, sobre los cuales se realizó la aleatorización y se continuó el estudio.

Durante el seguimiento y la realización de las valoraciones postoperatorias se han dado casos de ausencia de seguimiento puntual en las valoraciones intermedias (en las entrevistas postoperatorias de los 3 y/o 6 meses, pero conservando la entrevista final a los 12 meses) y la pérdida de seguimiento total o la ausencia de datos en la entrevista final a los 12 meses. En caso de la ausencia de datos puntual, el sujeto se ha considerado apto para continuar el análisis estadístico, mientras que, si la pérdida de seguimiento fue total o no se disponía de los datos en la entrevista a los 12 meses, el paciente ha sido considerado no apto para el análisis estadístico, y se ha retirado del estudio. En la imagen 13 se detalla el diagrama de flujo del progreso a través de las fases del ensayo clínico y las causas de exclusión de los pacientes.

En cuanto a las pérdidas de seguimiento parciales, se han cuantificado en el grupo tenotomía en cuatro pacientes a los tres meses y dos pacientes a

los seis meses; y en el grupo tenodesis en ningún paciente a los tres meses y tres pacientes a los seis meses. La pérdida de seguimiento total (y retirada del estudio del sujeto) se ha cuantificado en un paciente (2,2%) en el grupo tenotomía, porque el paciente no acudió a las revisiones de los seis y doce meses. En el grupo tenodesis, la pérdida de seguimiento fue de tres pacientes (6,6%), uno de ellos motivado en que el paciente vivía lejos y no le era posible desplazarse para la valoración, y en los otros dos pacientes porque no se consiguió el contacto para realizar el seguimiento. En global, la pérdida de seguimiento total ha sido del 8,8%.

En la fase de análisis estadístico ha sido necesaria la retirada de tres pacientes en el grupo tenodesis para hacer posible la equiparación de los grupos de base en cuanto a los datos demográficos. Los datos demográficos se detallan en el siguiente apartado.

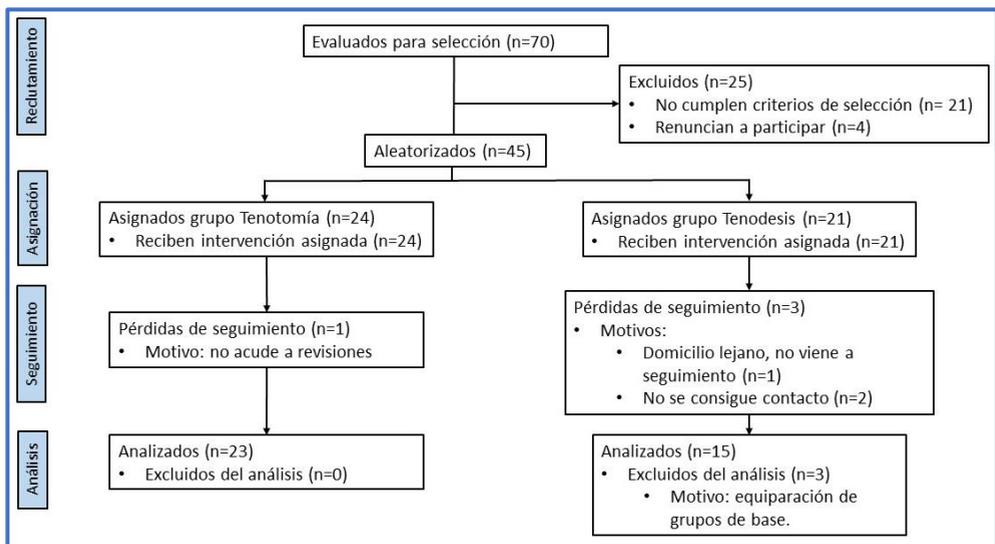


Imagen 13: Diagrama de flujo de pacientes a través del progreso del ensayo clínico. Se muestran además las causas de exclusión de los pacientes en cada fase.

8.1.2 Datos demográficos

Una vez realizada la aleatorización de los pacientes se ha realizado un análisis de los datos poblacionales obtenidos, comparando un grupo de intervención con el otro, para demostrar la ausencia de diferencias de los grupos antes de realizar la intervención. Los datos poblacionales se reflejan en la tabla 3.

En la tabla 3 se puede apreciar la ausencia de diferencias estadísticamente significativas de los datos poblacionales entre ambos grupos antes de realizar la intervención.

	Grupo Tenotomía (n= 23)	K-S	Grupo Tenodesis (n=15)	K-S	p
Edad	54,7 ± 5,78	0,49	50,73 ± 6,31	0,87	T= 0,061
Hombro afecto	Dcho: 14 (60,9%) Izdo: 9 (39,1%)		Dcho 9 (60%) Izdo 6 (40%)		Fisher= 0,958
Dominancia	Sí: 14 (60,9%) No: 9 (39,1%)		Sí 9 (60%) No 6 (40%)		Fisher= 0,958
Origen laboral	Sí: 18 (78,3%) No: 5		Sí: 13 (86,7%) No: 2		Fisher= 0,51
Tipo de rotura de manguito rotador <ul style="list-style-type: none"> • No afecto • Rotura pequeña • Rotura mediana • Rotura grande o masiva 	N=1 (4,3%) N=5 (21,7%) N=10 (43,5%) N=7 (30,4%)		N=5 (33,3%) N=0 (0%) N=7 (46,7%) N=3 (20%)		ANOVA= 0,167 (no postHoc)
Nivel de actividad física (METS)	14608,7 ± 9454,5	0,976	16282,6 ± 11223,7	0,872	T= 0,637
IMC	29,3 ±4,8	0,785	29,2 ± 3,3	0,76	T= 0,925
Dolor EVA preop	6,55 ± 1,59	0,325	6,91 ± 1,86	0,515	T= 0,564
SSI preop	43,71 ± 15	0,925	42,42 ± 15,9	0,838	T= 0,821
UCLA preop	19,36 ± 4,15	0,681	18,36 ± 5,31	0,921	T= 0,557
Constant normalizado preop	64,32 ± 15,57	0,259	58,96 ± 15,08	0,533	T= 0,353

Tabla 3: Datos poblacionales de los grupos de aleatorización antes de la intervención. Las variables cuantitativas se han expresado en media ± desviación estándar y las cualitativas en número absoluto y porcentaje del total. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y, una vez constatada la normalidad de los datos, y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student (variables cuantitativas), test Ji-cuadrado o su variable no paramétrica, test de Fischer (variables cualitativas), y ANOVA (variables cuantitativas no dicotómicas).

A continuación, se detallan los procedimientos quirúrgicos concomitantes a la actuación sobre la PLB que se han realizado durante la artroscopia de hombro (tabla 4).

	Grupo Tenotomía (n= 23)	Grupo Tenodesis (n=15)	p
Reparación del manguito rotador	23 (100%)	15 (100%)	
• Reparación supraespinoso	18 (78,2%)	10 (66,6%)	Chi= 0,42
• Reparación infraespinoso	6 (26,1%)	3 (20%)	Fisher= 0,67
• Reparación Subescapular	9 (39,1%)	2 (13,3%)	Fisher= 0,09
Acromioplastia	16 (69,5%)	9 (60%)	Chi= 0,54
Resección de clavícula distal (Mumford)	1 (4,3%)	1 (6,6%)	Fisher= 0,75

Tabla 4: Procedimientos concomitantes a la intervención sobre la PLB durante la artroscopia. Variables cualitativas expresadas en número absoluto y porcentaje del total. Se ha analizado el contraste de hipótesis mediante el test Chi o su variable no paramétrica test de Fisher.

8.1.3 Parámetros biomecánicos preoperatorios

En la tabla 5 se presentan los resultados de los parámetros biomecánicos antes de la intervención, tanto en reposo como tras el test de fatiga.

		Grupo Tenotomía	K-S	Grupo Tenodesis	K-S	P
Brazo patológico	CVM patol pefatiga (preqx)	193,18 ± 57,92	0,998	193,36 ± 88,6	0,906	T= 0,994
	SVM patol pefatiga (preqx)	149,95 ± 72,2	0,626	129,18 ± 77,58	0,667	T= 0,453
	Tiempo fatiga patológico (preqx)	139,1 ± 71,6	0,946	137,6 ± 99,2	0,819	T= 0,961
	CVM patol postfatiga (preqx)	169,5 ± 60	0,904	158,81 ± 76,8	0,860	T= 0,664
	SVM patol postfatiga (preqx)	146,9 ± 77,5	0,629	118 ± 68,65	0,882	T= 0,303
Brazo sano	CVM sano pefatiga (preqx)	254,36 ± 69,67	0,436	266,9 ± 87,44	0,646	T= 0,658
	SVM sano pefatiga (preqx)	191,36 ± 78,45	0,517	187,63 ± 90,92	0,727	T= 0,904
	Tiempo fatiga Sano (preqx)	135 ± 51,3	0,754	144,8 ± 52,6	0,623	T= 0,614
	CVM sano postfatiga (preqx)	214,81 ± 68,63	0,847	224,18 ± 77,43	0,997	T= 0,726
	SVM sano postfatiga (preqx)	190,59 ± 80,34	0,565	166 ± 77,49	0,791	T= 0,408

Tabla 5: Resultados de los parámetros biomecánicos antes de la intervención. Se han expresado en media ± desviación estándar. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student, una vez constatada la normalidad de los datos.

8.2 Tiempo de fatiga

A continuación, se procede a exponer los resultados del tiempo de fatiga, objetivo principal de este estudio. En este apartado se expresa el tiempo hasta la claudicación del brazo tras una contracción isométrica mantenida en el tiempo al 33% del valor de la contracción voluntaria máxima (expresada en Newtons), medida previamente. Se analizan los resultados obtenidos en ambos grupos, tenotomía o tenodesis, en los valores prequirúrgicos y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención quirúrgica.

8.2.1 Análisis del tiempo de fatiga prequirúrgico

El estudio del tiempo de fatiga en los grupos de base, antes de la intervención, revela los resultados expresados en la tabla 6.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Tiempo fatiga brazo patológico preoperatorio (TF preop)	139,1 ± 71,6	0,946	137,6 ± 99,2	0,819	T= 0,961
Tiempo fatiga Sano	135 ± 51,3	0,754	144,8 ± 52,6	0,623	T= 0,614

Tabla 6: Resultados del tiempo de fatiga, expresado en segundos ± desviación estándar, de ambos grupos antes de la intervención quirúrgica. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student, una vez constatada la normalidad de los datos.

El análisis de los grupos de base antes de la intervención evidencia la ausencia de diferencias estadísticas entre grupos antes de la realización de la intervención. Esto hace posible la comparación de los resultados postquirúrgicos.

8.2.2 Análisis del tiempo de fatiga a los 3 meses de la intervención

El estudio del tiempo de fatiga a los tres meses de la intervención se refleja en la tabla 7.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Tiempo de fatiga brazo patológico 3m (TF 3m)	112,5 ± 55,03	0,985	156,86 ± 72,01	0,739	T= 0,054
TFpreop-TF3m Intervalo confianza	13,11 ± 51,57 (-13,40;39,63) Sig= 0,31	0,954	2 ± 97,55 (-67,78;71,78) Sig= 0,95	0,942	T= 0,7
TF3m/TFpreop Intervalo confianza	1,06 ± 0,6 (-0,24;0,37) Sig= 0,64	0,509	1,29 ± 0,69 (-0,20;0,78) Sig= 0,21	0,997	T= 0,39

Tabla 7: Resultados del tiempo de fatiga, expresado en segundos ± desviación estándar, de ambos grupos a los 3 meses de la intervención quirúrgica. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student, una vez constatada la normalidad de los datos. En el caso de la resta y el cociente entre el resultado a los 3 meses con respecto al valor preoperatorio, se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

De los resultados evidenciados en la medición del tiempo de fatiga se desprende que no hay diferencia significativa entre ambos grupos en cuanto al tiempo de fatiga. Sí se puede apreciar una tendencia a favor del grupo de la tenodesis, aunque esta diferencia no alcanza la significación estadística ($p=0,054$).

Tampoco se aprecian diferencias entre la resta y el cociente del tiempo de fatiga a los tres meses con respecto al valor preoperatorio entre los grupos.

8.2.3 Análisis del tiempo de fatiga a los 6 meses de la intervención

El estudio del tiempo de fatiga a los seis meses de la intervención se refleja en la tabla 8.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Tiempo de fatiga brazo patológico 6m (TF 6m)	113,14 ± 42,94	0,812	143,08 ± 86,17	0,667	T= 0,191
TFpreop-TF6m Intervalo confianza	27,35 ± 59,06 (-0,29;54,99) Sig= 0,052	0,886	-7,33 ± 132,49 (-109,17;94,51) Sig= 0,87	0,545	T= 0,33
TF6m/TFpreop Intervalo confianza	1,09 ± 0,81 (-0,28;0,48) Sig= 0,6	0,03	1,43 ± 0,91 (-0,26;1,14) Sig= 0,19	0,366	U=0,12

Tabla 8: Resultados del tiempo de fatiga, expresado en segundos ± desviación estándar, de ambos grupos a los 6 meses de la intervención quirúrgica. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. En el caso de ausencia de normalidad, se ha realizado el test no paramétrico U de Mann Whitney. En el caso de la resta y el cociente entre el resultado a los 6 meses con respecto al valor preoperatorio, se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

De los resultados evidenciados en la medición del tiempo de fatiga a los seis meses se desprende que no hay diferencias significativas entre ambos grupos en cuanto al tiempo de fatiga.

Tampoco se aprecian diferencias entre la resta y el cociente del tiempo de fatiga a los tres meses con respecto al valor preoperatorio entre los grupos.

8.2.4 Análisis del tiempo de fatiga a los 12 meses de la intervención

El objetivo principal del ensayo clínico es el estudio del tiempo de fatiga, a los doce meses de la intervención sobre la PLB, de los dos grupos asignados: el grupo tenotomía y el grupo tenodesis. Los resultados del tiempo de fatiga se expresan en la tabla 9.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Descriptivo del tiempo de fatiga del global de a muestra (ambos grupos) *	105,34 ± 36,42 Min: 42 Máx: 187				
Tiempo de fatiga brazo patológico 12m (TF 12m)	95,18 ± 28,96	0,752	122,53 ± 42,19	0,931	T= 0,03
TFpreop-TF12m Intervalo confianza	41,09 ± 64,84 (12,33;69,84) Sig= 0,007	0,525	-11 ± 45,74 (-43,72;21,72) Sig= 0,466	0,819	T= 0,03
TF12m/TFpreop Intervalo confianza	0,97 ± 0,85 (-0,40;0,36) Sig= 0,911	0,04	1,29 ± 0,50 (-0,06;0,65) Sig= 0,097	0,997	U=0,018

Tabla 9: Resultados del tiempo de fatiga (expresado en segundos ± desviación estándar) a los 12 meses de la intervención entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante los test T-Student o su variable no paramétrica U de Mann-Whitney. En el caso de la resta y el cociente entre el resultado a los 12 meses con respecto al valor preoperatorio, se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%. *Se muestra el valor global del conjunto de la muestra (incluyendo ambos grupos), dato necesario para la discusión del tamaño muestral (capítulo 8.13).

De los resultados obtenidos podemos apreciar una diferencia significativa del tiempo de fatiga entre ambos grupos a los doce meses de la intervención. El brazo intervenido mediante tenotomía claudica significativamente antes que el grupo tenodesis.

Asimismo, se puede apreciar que, tanto la resta como el cociente entre el tiempo de fatiga a los doce meses de la intervención con respecto al mismo valor preoperatorio, también difieren entre ambos grupos. En el caso de la resta, podemos observar un descenso de $41,09 \pm 64,84$ s en el tiempo de fatiga del grupo tenotomía, es decir, claudican más precozmente tras la intervención; mientras que en el grupo tenodesis la diferencia obtiene un resultado negativo ($-11 \pm 45,74$ s), es decir, aumenta (mejora) el tiempo hasta claudicación tras la intervención. En el caso del cociente entre el tiempo de fatiga a los doce meses de la intervención con respecto al valor prequirúrgico, en el grupo tenotomía se aprecia un valor cercano a 1 (poca o nula mejoría del tiempo de fatiga tras la intervención), mientras que en el grupo tenodesis el valor es mayor que la unidad, por lo que aparenta mejoría tras la intervención. El contraste de hipótesis entre ambos grupos, realizando el test no paramétrico U de Mann Whitney es estadísticamente significativo.

8.2.5 Análisis de la evolución temporal del tiempo de fatiga.

En el siguiente gráfico (gráfico 1) se analiza visualmente la evolución temporal de los tiempos de fatiga en función de la técnica quirúrgica empleada.

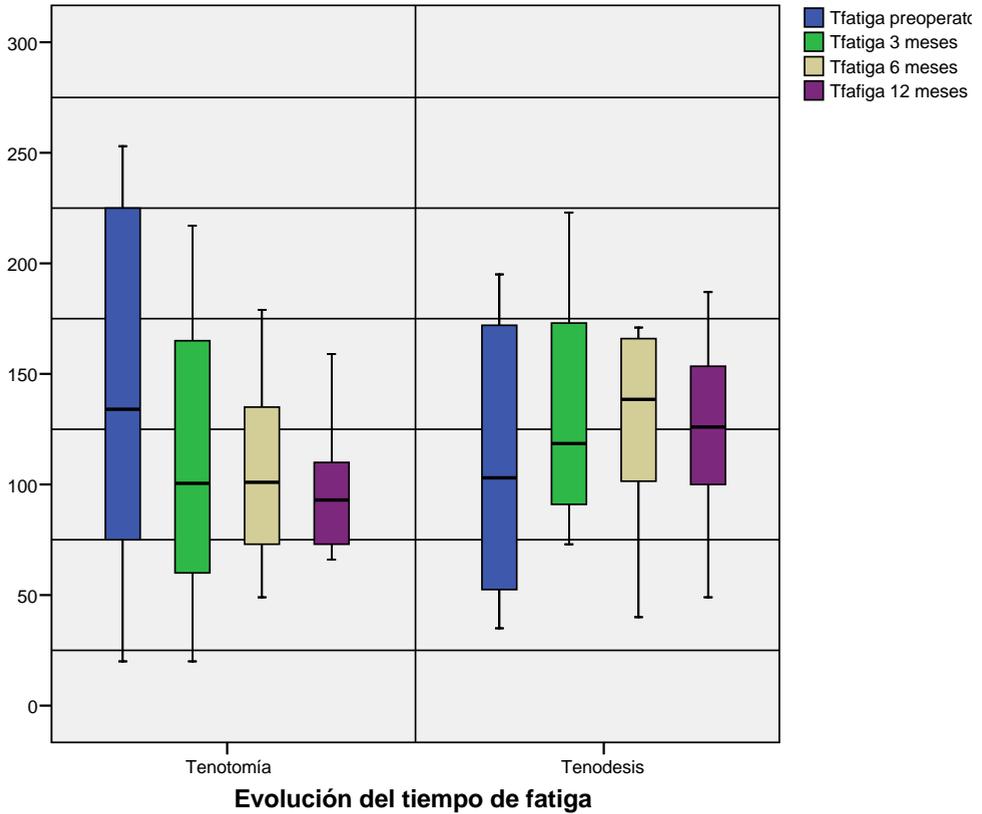


Gráfico 1: Valores del tiempo de fatiga (en segundos) en el preoperatorio y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo

8.3 Contracción voluntaria máxima (CVM) en flexión

En este apartado se presentan los resultados de la fuerza de contracción isométrica del codo en flexión de 90° con el antebrazo en supinación antes y después del test de fatiga. Se analiza su evolución temporal en apartados prequirúrgico, y a los tres, seis y doce meses tras la intervención. Los valores se expresan en Newtons

8.3.1 Análisis de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM) prequirúrgica

Los resultados biomecánicos de la CVM en el preoperatorio se expresan en la tabla 10.

		Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Prefatiga	CVM patológico preop	193,18 ± 57,92	0,998	193,36 ± 88,6	0,906	T= 0,994
	CVM sano preop	254,36 ± 69,67	0,436	266,9 ± 87,44	0,646	T= 0,658
	CVMpat/sano preop	0,77 ± 0,15	0,96	0,83 ± 0,50	0,71	T= 0,71
Postfatiga	CVM patol preop	169,5 ± 60	0,904	158,81 ± 76,8	0,860	T= 0,664
	CVM sano preop	214,81 ± 68,63	0,847	224,18 ± 77,43	0,997	T= 0,726
	CVM pat/sano	0,83 ± 0,33	0,057	0,73 ± 0,27	0,94	T= 0,41

Tabla 10: Resultados de la CVM prequirúrgica (expresado en Newtons ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis, antes y después del test de fatiga. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Además, se analiza la relación entre la CVM del brazo patológico y de brazo sano.

El análisis de los resultados de la CVM en el preoperatorio revela que no existen diferencias estadísticas en los grupos de base, ni en el brazo patológico ni en el brazo sano, tanto en reposo como tras la realización del test de fatiga. Esta ausencia de diferencias antes de la intervención permite realizar comparaciones posteriormente sin incurrir en sesgo.

El estudio de la relación entre la CVM entre el brazo patológico y el sano da una idea de la pérdida de CVM en el brazo patológico. Esta pérdida puede estar causada por la lesión o estar influenciada por el dolor relacionado con la lesión. Este cociente expresa en tanto por uno la pérdida de fuerza en el brazo patológico: $0,77 \pm 0,15$ en el grupo tenotomía y $0,83 \pm 0,50$ en el grupo tenodesis. Es decir, que la funcionalidad del brazo patológico en cuanto a CVM se refiere es entre un 77 y un 83% del brazo sano antes de la fatiga. En el estudio postfatiga, los resultados son $0,83 \pm 0,33$ y $0,73 \pm 0,27$ respectivamente (funcionalidad en cuanto a CVM del patológico entre un 73 y un 83% del brazo sano).

8.3.2 Análisis de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM) a los 3 meses de la intervención

Los resultados obtenidos en CVM a los tres meses de la intervención del brazo intervenido se expresan en la tabla 11.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM patológico preF 3m	171,45 ± 55,49	0,93	179,8 ± 70,42	0,91	T= 0,70
CVM patológico postF 3m	155,21 ± 69,42	0,88	160,41 ± 71,41	0,90	T= 0,83

Tabla 11: Resultados de la CVM del brazo patológico obtenida a los 3 meses de la intervención, expresado en Newtons ± desviación estándar, de ambos grupos (tenotomía y tenodesis), antes (preF) y después (postF) del test de la fatiga. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

En la tabla 11 se puede apreciar que no existen diferencias estadísticas entre ambos grupos en cuanto a la CVM ni antes ni después del test de la fatiga en el estudio a los tres meses de la intervención.

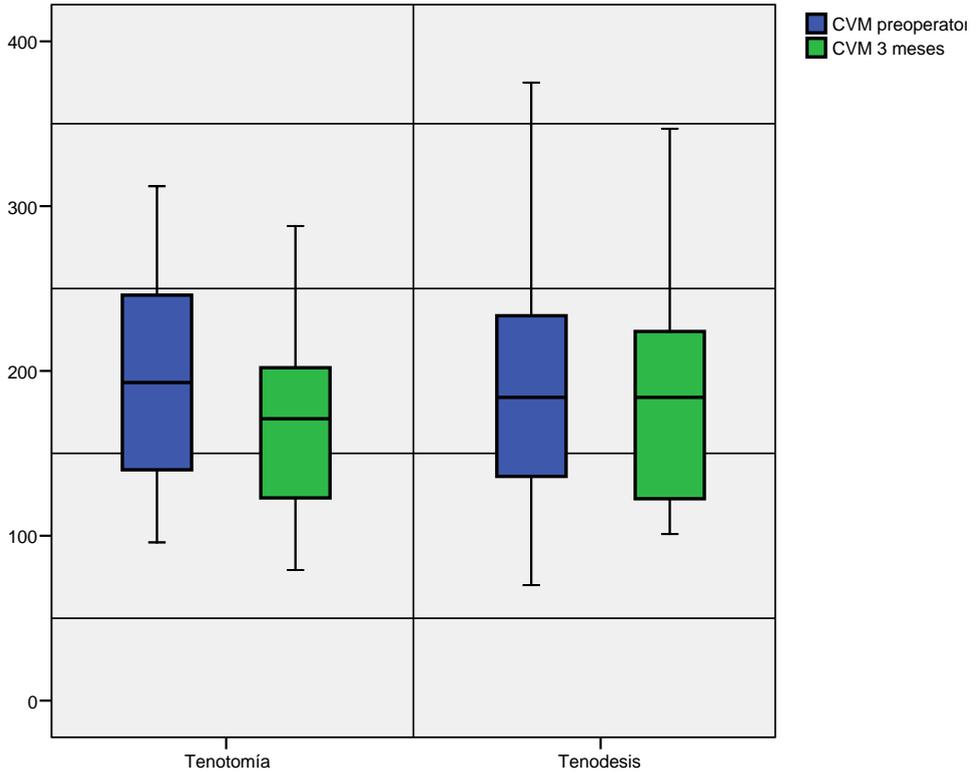
Es ilustrativo comparar la pérdida de función del brazo tras tres meses de la intervención con respecto a sus valores preoperatorios. A continuación, se detalla la relación entre los valores obtenidos en CVM a los tres meses de la intervención con respecto del mismo parámetro en el preoperatorio y se expresan en la tabla 12.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM preop-CVM 3m preF	23,1 ± 70,34 (-13,06;59,27)	0,91	3,27 ± 49,57 (-30,03;36,57)	0,78	T= 0,42
Intervalo confianza	Sig= 0,19		Sig= 0,83		
CVM preop-CVM 3m postF	23,36 ± 70,91 (-13,09;59,82)	0,92	-15,29 ± 58,13 (-54,34;23,76)	0,73	T= 0,14
Intervalo confianza	Sig= 0,19		Sig= 0,40		
CVM 3m/CVM preop preF	0,94 ± 0,39 (-0,25;0,15)	0,30	1,04 ± 0,27 (-0,25;0,15)	0,99	T= 0,50
Intervalo confianza	Sig= 0,6		Sig= 0,6		
CVM 3m/CVM preop postF	0,93 ± 0,45 (-0,3;0,16)	0,85	1,23 ± 0,6 (-0,3;0,16)	0,55	T= 0,15
Intervalo confianza	Sig= 0,55		Sig= 0,55		

Tabla 12: Resta y cociente de los resultados obtenidos en CVM a los 3 meses de la intervención con respecto a los mismos parámetros en el preoperatorio (expresado en Newtons ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

De la tabla 12 se desprende que no existen diferencias significativas entre ambas técnicas en cuanto a la fuerza de flexión del brazo intervenido a los tres meses. Se aprecia una cierta tendencia a la recuperación funcional del paciente sometido a tenodesis con respecto a la tenotomía, dado que los resultados de la resta ($23,1 \pm 70,34$ en tenotomías y $3,27 \pm 49,57$ en tenodesis) se aproxima más al 0 en el caso de las tenodesis; y, en el caso del cociente ($0,94 \pm 0,39$ y $1,04 \pm 0,27$) el grupo tenodesis se aproxima más al 1, aunque no ha demostrado su significación estadística.

En los gráficos 2 y 3 se expresa visualmente la evolución de la CVM desde el preoperatorio hasta los tres meses, según la técnica empleada, tanto en el estudio prefatiga como en el postfatiga.



Estudio Prefatiga

Gráfico 2: Valores de la CVM prefatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 3 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

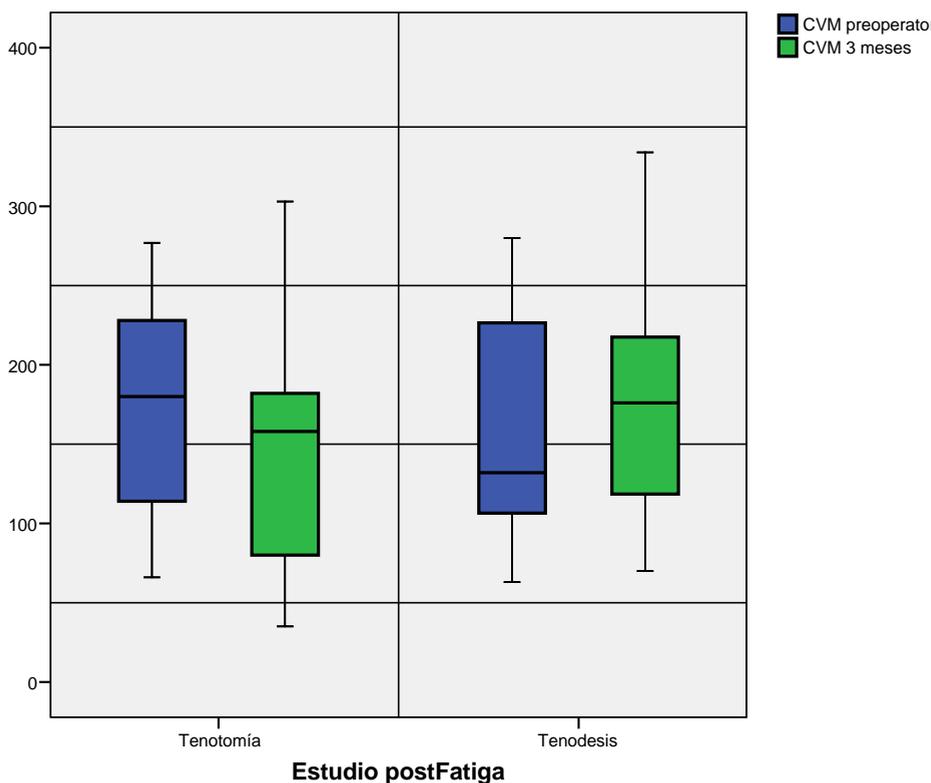


Gráfico 3: Valores de la CVM postfatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 3 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

En cuanto a la relación entre los resultados obtenidos a los tres meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano, tanto antes como después de la fatiga, se expresan en la tabla 13.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM patol/sano 3m preF	0,67 ± 0,24 (-0,25;0,15)	0,99	0,84 ± 0,62 (-0,14;0,23)	0,20	T= 0,31
Intervalo confianza	Sig=0,60		Sig=0,62		
CVM patol/sano 3m postF	0,67 ± 0,30 (-0,3;0,16)	0,95	0,98 ± 0,82 (-0,17;0,63)	0,09	T= 0,16
Intervalo confianza	Sig= 0,55		Sig= 0,23		

Tabla 13: Relación entre los resultados obtenidos en CVM a los 3 meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano (expresado en Newtons ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

La relación entre los resultados del brazo intervenido con respecto del sano informa de que, a los tres meses de la intervención, los datos obtenidos en el brazo patológico no alcanzan lo recogido en el brazo sano. Esto es así en ambas técnicas, sin mostrar ninguna de ellas una mejor relación respecto al brazo sano, que puede considerarse como normal. Los valores en el brazo intervenido son aproximadamente entre el 67 y el 84% de los valores del brazo sano en el estudio prefatiga y entre el 67 y el 98% en el estudio postfatiga.

En la tabla 14 se expresa la pérdida de la capacidad de CVM en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga, comparándose con el mismo parámetro antes de la fatiga. Se analiza su relación mediante la resta y el cociente.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM patol pref3m-CVM patol postF3m (Pérdida CVM) Intervalo confianza	16,24 ± 33,76 (-0,54;33,03) Sig= 0,057	0,99	19,38 ± 28,34 (3,68;35,08) Sig= 0,01	0,81	T= 0,77
CVMpat postF/prefF 3m Intervalo confianza	0,87 ± 0,6 (-0,25;0,01) Sig= 0,06	0,91	0,91 ± 0,21 (-0,22;0,06) Sig= 0,23	0,97	T= 0,65

Tabla 14: Relación entre los resultados obtenidos en CVM a los 3 meses de la intervención en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga con respecto a sus mismos valores antes del test de fatiga (expresado en Newtons ± desviación estándar) en ambos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

La merma de la CVM tras la realización del test de fatiga no ha hallado diferencias estadísticas entre ambas técnicas. La merma se cuantifica en 16,24 ± 33,76 N en el caso de a tenotomía (un 87% del valor prefatiga aproximadamente), y en 19,38 ± 28,34 N en las tenodesis (un 91% del valor prefatiga aproximadamente).

8.3.3 Análisis de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM) a los 6 meses de la intervención

Los resultados obtenidos en CVM a los seis meses de la intervención del brazo intervenido se expresan en la tabla 15.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM brazo patológico preF 6m	215,47 ± 64,35	0,81	212,16 ± 67,58	0,77	T= 0,89
CVM brazo patológico postF 6m	174,28 ± 53,78	0,97	183,33 ± 61,86	0,99	T= 0,66

Tabla 15: Resultados de la CVM del brazo patológico obtenida a los 6 meses de la intervención, expresado en Newtons ± desviación estándar, de ambos grupos (tenotomía y tenodesis), tanto antes (preF) como después (postF) del test de la fatiga. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

La tabla 15 evidencia que no existen diferencias estadísticas entre ambos grupos en cuanto a la CVM ni antes ni después del test de la fatiga en el estudio a los seis meses de la intervención.

A continuación, se compara la pérdida de función (pérdida de CVM) del brazo a los seis meses de la intervención con respecto a sus valores preoperatorios. Se expresa en la tabla 16.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM preop-CVM 6m preF Intervalo confianza	-25,85 ± 60,54 (-54,18;2,48) Sig= 0,07	0,94	-42,33 ± 59,83 (-88,32;3,66) Sig= 0,06	0,92	T= 0,5
CVM preop-CVM 6m postF Intervalo confianza	-8 ± 55,12 (-33,8;17,8) Sig= 0,52	0,71	-42,44 ± 69,34 (-95,74;10,85) Sig= 0,10	0,28	T= 0,16
CVM 6m/CVM preop preF Intervalo confianza	1,18 ± 0,36 (0,01;0,35) Sig= 0,03	0,97	1,39 ± 0,81 (-0,22;1,02) Sig= 0,17	0,13	T= 0,33
CVM 6m/CVM preop postF Intervalo confianza	1,12 ± 0,4 (-0,06;0,31) Sig= 0,18	0,88	1,55 ± 1,06 (-0,27;1,37) Sig= 0,16	0,16	T= 0,13

Tabla 16: Resta y cociente de los resultados obtenidos en CVM a los 6 meses de la intervención con respecto a los mismos parámetros en el preoperatorio (expresado en Newtons ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

Se evidencia una ausencia de diferencias significativas entre ambas técnicas en cuanto a la fuerza de flexión del brazo intervenido (en CVM) a los seis meses de la intervención. Se evidencia una mejoría funcional con respecto a los valores preoperatorios que no se apreciaba a los tres meses de la intervención, aunque esta mejoría es similar en ambas técnicas. En el caso de la resta, los valores obtenidos son negativos en el estudio prefatiga (-25,85 ± 60,54N en el grupo tenotomía y -42,33 ± 59,83N en el grupo tenodesis), y en el caso del cociente, los resultados son mayores que la unidad (1,18 ± 0,36 y 1,39 ± 0,81 respectivamente), lo que indica que los resultados funcionales en CVM a los seis meses son mejores que los valores prequirúrgicos. De la misma manera, en el estudio postfatiga, los valores son negativos en ambas técnicas en la resta (-8 ± 55,12N y -42,44 ± 69,34N respectivamente) y mayores que la

unidad en el cociente ($1,12 \pm 0,4$ y $1,55 \pm 1,06$ respectivamente), lo que indica que los resultados de CVM postfatiga a los seis meses son mejores que en el preoperatorio.

En los gráficos 4 y 5 se expresa visualmente la evolución de la CVM desde el preoperatorio y a los seis meses, según la técnica empleada, tanto en el estudio prefatiga como en el postfatiga.

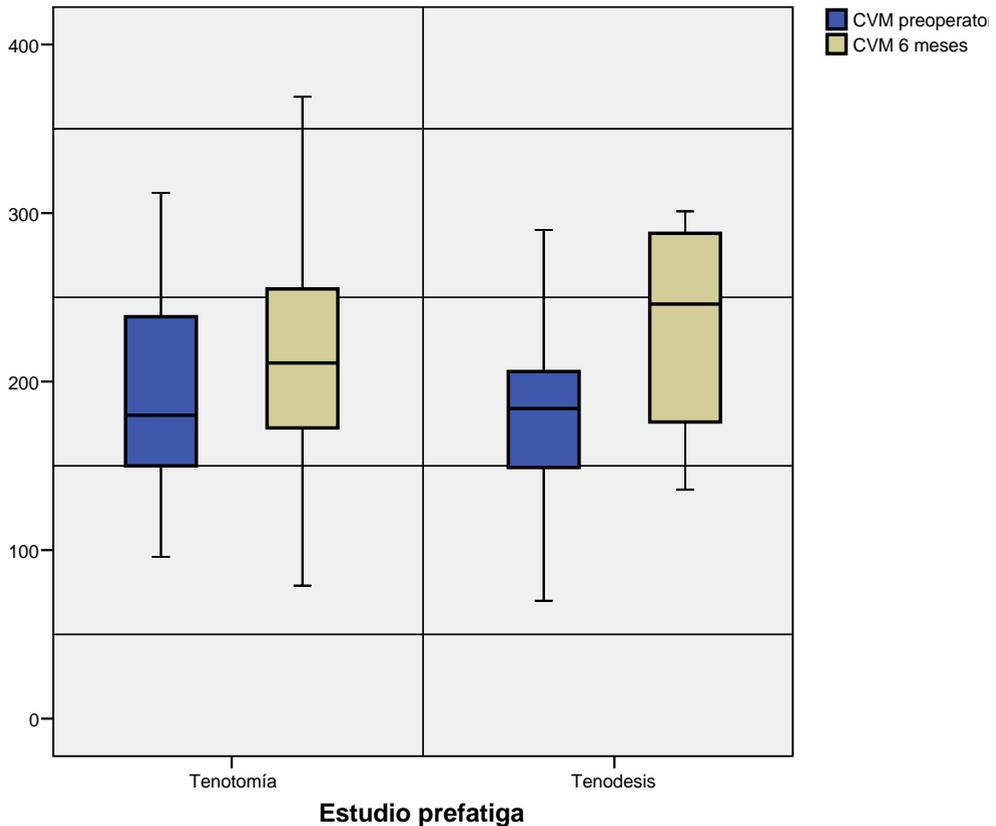


Gráfico 4: Valores de la CVM prefatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 6 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

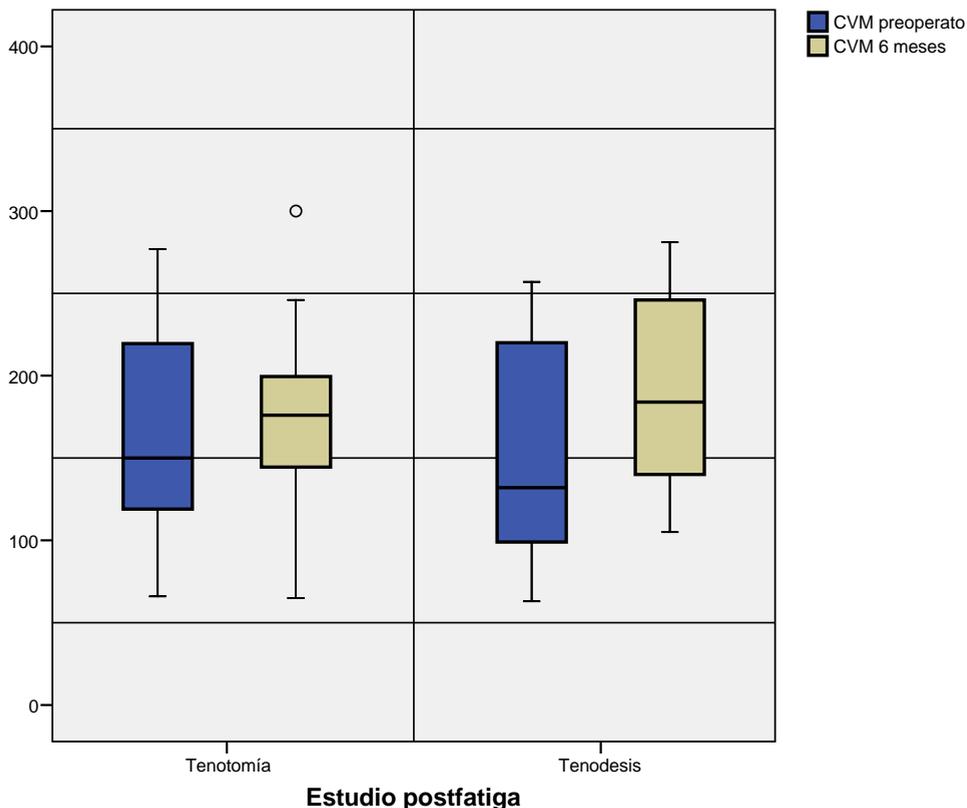


Gráfico 5: Valores de la CVM postfatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 6 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

En cuanto a la relación entre los resultados obtenidos a los 6 meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano, tanto antes como después de la fatiga, se expresan en la tabla 17.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM patol/sano 6m preF Intervalo confianza	0,82 ± 0,13 (-0,24;-0,11) Sig= 0,00	0,93	0,96 ± 0,42 (-0,36;0,29) Sig= 0,81	0,46	T= 0,17
CVM patol/sano 6m postF Intervalo confianza	0,78 ± 0,13 (-0,28;-0,15) Sig= 0,5	0,76	0,97 ± 0,43 (-0,36;0,3) Sig= 0,84	0,54	T= 0,23

Tabla 17: Relación entre los resultados obtenidos en CVM a los 6 meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano (expresado en Newtons ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

La relación entre los resultados del brazo intervenido con respecto del sano indica que, a los seis meses de la intervención, los datos obtenidos en el brazo patológico no alcanzan lo recogido en el brazo sano. Esto es así en ambas técnicas, sin mostrar ninguna de ellas una mejor relación respecto al brazo sano, que puede considerarse como normal. Los valores en el brazo intervenido son aproximadamente entre el 82 y el 96% de los valores del brazo sano en el estudio prefatiga y entre el 78 y el 97% en el estudio postfatiga. Se aprecia una tendencia a la mejoría con respecto a los mismos parámetros medidos a los 3 meses, pero sin significación estadística.

En la tabla 18 se expresa la pérdida de la capacidad de CVM en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga, comparándose con el mismo parámetro antes de la fatiga. Se analiza su relación mediante la resta y el cociente.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM patol pref6m-CVM patol postF6m (Pérdida CVM) Intervalo confianza	42,15 ± 28,05 (29,01;55,28) Sig= 0,00	0,58	32,55 ± 35 (5,65;59,45) Sig= 0,02	0,98	T= 0,43
CVMpat postF/preF 6m Intervalo confianza	0,8 ± 0,1 (-0,23;-0,14) Sig= 0,00	0,92	0,85 ± 0,14 (-0,26;-0,03) Sig= 0,01	0,83	T= 0,34

Tabla 18: Relación entre los resultados obtenidos en CVM a los 6 meses de la intervención en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga con respecto a sus mismos valores antes del test de fatiga (expresado en Newtons ± desviación estándar) en ambos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

La merma de la CVM tras la realización del test de fatiga no ha hallado diferencias estadísticas entre ambas técnicas. La merma se cuantifica en 42,15 ± 28,05N en el caso de a tenotomía (un 80% del valor prefatiga aproximadamente), y en 32,55 ± 35N en las tenodesis (un 85% del valor prefatiga aproximadamente).

8.3.4 Análisis de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM) a los 12 meses de la intervención

Los resultados obtenidos en CVM a los 12 meses de la intervención del brazo intervenido se expresan en la tabla 19.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM brazo patológico preF 12m	246,81 ± 57,42	0,98	273,69 ± 58,98	0,87	T= 0,19
CVM brazo patológico postF 12m	207,3 ± 51,86	0,95	219,30 ± 65,77	0,85	T= 0,55

Tabla 19: Resultados de la CVM del brazo patológico obtenida a los 12 meses de la intervención, expresado en Newtons ± desviación estándar, de ambos grupos (tenotomía y tenodesis), tanto antes (preF) como después (postF) del test de la fatiga. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

La tabla 19 evidencia que no existen diferencias estadísticas entre ambos grupos en cuanto a la CVM ni antes ni después del test de la fatiga en el estudio a los doce meses de la intervención.

A continuación, se compara la pérdida de función (pérdida de CVM) del brazo tras doce meses de la intervención con respecto a sus valores preoperatorios. Se expresa en la tabla 20.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM preop-CVM 12m preF Intervalo confianza	-48,23 ± 64,40 (-77,55;-18,92) Sig= 0,00	0,87	-79,30 ± 63,89 (-125;-33) Sig= 0,00	0,98	T= 0,21
CVM preop-CVM 12m postF Intervalo confianza	-35,71 ± 55,28 (-60,87;-10,55) Sig= 0,00	0,98	-58,9 ± 61,57 (-102,94;- 14,85) Sig= 0,01	0,84	T= 0,3
CVM 12m/CVM preop preF Intervalo confianza	1,31 ± 0,37 (0,14;0,48) Sig= 0,00	0,80	1,67 ± 0,89 (0,03;1,31) Sig= 0,04	0,4	T= 0,11
CVM 12m/CVM preop postF Intervalo confianza	1,31 ± 0,44 (0,11;0,51) Sig= 0,00	0,53	1,59 ± 0,9 (-0,05;1,24) Sig= 0,06	0,25	T= 0,24

Tabla 20: Resta y cociente de los resultados obtenidos en CVM a los 12 meses de la intervención con respecto a los mismos parámetros en el preoperatorio (expresado en Newtons ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

Se demuestra una ausencia de diferencias significativas entre ambas técnicas en cuanto a la funcionalidad del brazo (en CVM) intervenido a los 12 meses. Se evidencia una mejoría funcional con respecto a los valores preoperatorios, mejoría en consonancia con lo apreciado a los 6 meses de la intervención, aunque esta mejoría es similar en ambas técnicas. En el caso de la resta, los valores obtenidos son negativos en el estudio prefatiga (-48,23±64,40N en el grupo tenotomía y -79,30±63,89N en el grupo tenodesis), y en el caso del cociente, los resultados son mayores que la unidad (1,31±0,37 y 1,67±0,89 respectivamente), lo que indica que los resultados funcionales en CVM a los doce meses son mejores que los valores quirúrgicos y que los apreciados a los seis meses. De la misma manera, en el estudio postfatiga, los

valores son negativos en ambas técnicas en la resta ($-35,71 \pm 55,28$ N y $-58,9 \pm 61,57$ N respectivamente) y mayores que la unidad en el cociente ($1,31 \pm 0,44$ y $1,59 \pm 0,9$ respectivamente), lo que indica que los resultados de CVM postfatiga a los doce meses son mejores que en el preoperatorio.

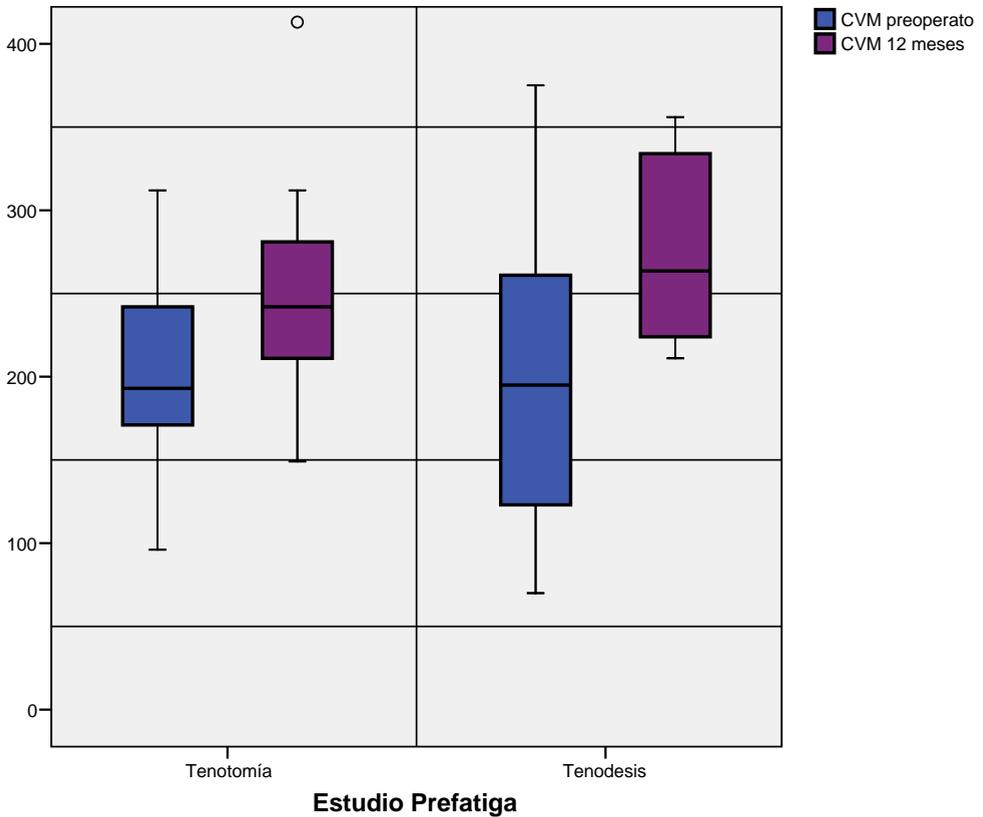


Gráfico 6: Valores de la CVM prefatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

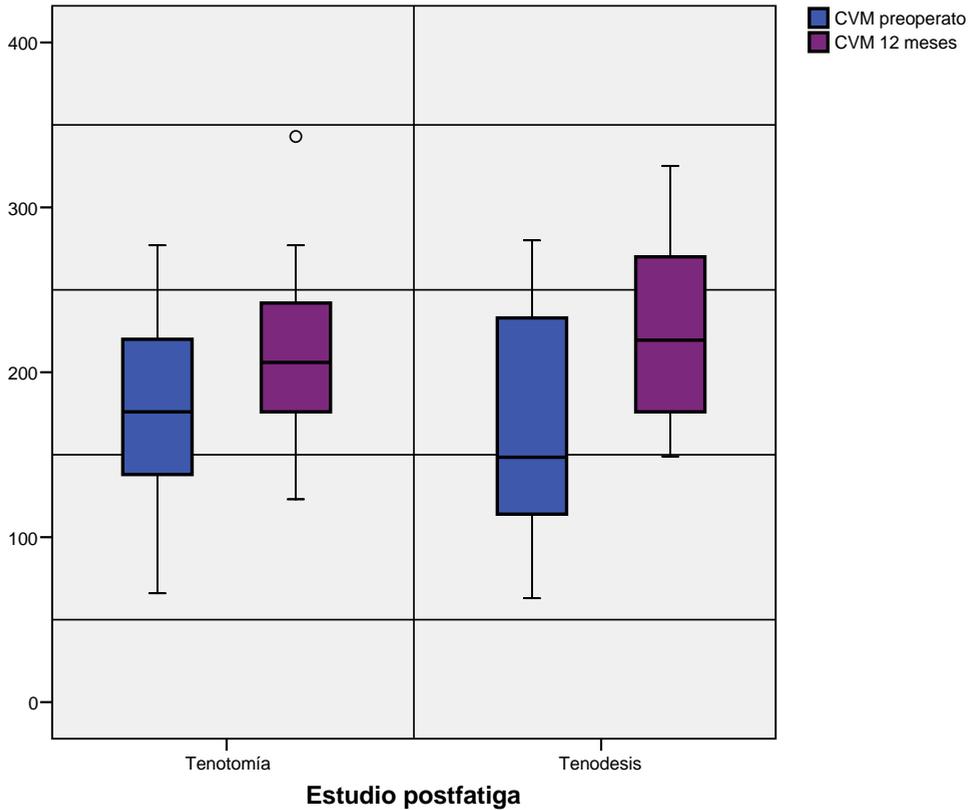


Gráfico 7: Valores de la CVM postfatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

En cuanto a la relación entre los resultados obtenidos a los 12 meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano, tanto antes como después de la fatiga, los podemos expresar en la tabla 21.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM patol/sano 12m preF Intervalo confianza	0,9 ± 0,13 (-0,15;-0,03) Sig= 0,00	0,48	0,97 ± 0,17 (-0,13;0,07) Sig= 0,59	0,72	T= 0,18
CVM patol/sano 12m postF Intervalo confianza	0,86 ± 0,12 (-0,19;-0,07) Sig= 0,00	0,87	0,88 ± 0,16 (-0,21;-0,01) Sig= 0,02	0,92	T= 0,69

Tabla 21: Relación entre los resultados obtenidos en CVM a los 12 meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano (expresado en Newtons ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

La relación entre los resultados del brazo intervenido con respecto del sano nos indica que, a los doce meses de la intervención, la relación entre los datos obtenidos en el brazo patológico con respecto al sano, no difieren entre técnicas. Los valores en el brazo intervenido son aproximadamente entre el 90 y el 97% de los valores del brazo sano en el estudio prefatiga y entre el 86 y el 88% en el estudio postfatiga. Se aprecia una tendencia a la mejoría con respecto a los mismos parámetros medidos a los 6 meses pero sin significación estadística.

En la tabla 22 se expresa la pérdida de la capacidad de CVM en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga, comparándose con el mismo parámetro antes de la fatiga. Se analiza su relación mediante la resta y el cociente.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM patol pref12m-CVM patol postF12m (Pérdida CVM) Intervalo confianza	39,45 ± 19,62 (30,75;48,15) Sig= 0,00	0,46	54,38 ± 19,83 (42,40;66,36) Sig= 0,00	0,88	T= 0,03
CVMpat postF/preF 12m Intervalo confianza	0,84 ± 0,07 (-0,19;-0,12) Sig= 0,00	0,94	0,78 ± 0,1 (-0,27;-0,14) Sig= 0,00	0,7	T= 0,10

Tabla 22: Relación entre los resultados obtenidos en CVM a los 12 meses de la intervención en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga con respecto a sus mismos valores antes del test de fatiga (expresado en Newtons ± desviación estándar) en ambos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

La merma de la CVM tras la realización del test de fatiga ha hallado diferencias estadísticas entre ambas técnicas. La merma se cuantifica en 39,45±19,62N en el caso de la tenotomía, y en 54,38±19,83N en las tenodesis. La merma es mayor en el caso de las tenodesis, es decir, tras la realización de tenodesis la fuerza de flexión (CVM) disminuye más sensiblemente tras la fatiga que en las tenotomías.

8.3.5 Análisis evolutivo de la Contracción Voluntaria Máxima (CVM) en el tiempo

En el presente estudio se ha apreciado una evolución temporal de la CVM prefatiga que se detalla en la tabla 23.

De la misma manera, se expresa la evolución temporal de los resultados obtenidos en CVM tras el test de la fatiga, que se resumen en la tabla 24.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM patológico preop	193,18 ± 57,92	0,99	193,36 ± 88,6	0,906	T= 0,99
CVM brazo patológico preF 3m	171,45 ± 55,49	0,93	179,8 ± 70,42	0,91	T= 0,70
CVM brazo patológico preF 6m	215,47 ± 64,35	0,81	212,16 ± 67,58	0,77	T= 0,89
CVM brazo patológico preF 12m	246,81±57,42	0,98	273,69±58,98	0,87	T= 0,19

Tabla 23: Resultados de la CVM del brazo patológico obtenida a lo largo del postoperatorio, antes del test de la fatiga, expresado en Newtons ± desviación estándar, de ambos grupos (tenotomía y tenodesis). Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM patológico preop postF	169,5 ± 60	0,90	158,81 ± 76,8	0,86	T= 0,66
CVM brazo patológico postF 3m	155,21 ± 69,42	0,88	160,41 ± 71,41	0,90	T= 0,83
CVM brazo patológico postF 6m	174,28 ± 53,78	0,97	183,33 ± 61,86	0,99	T= 0,66
CVM brazo patológico postF 12m	207,36 ± 51,86	0,95	219,30 ± 65,77	0,85	T= 0,55

Tabla 24: Resultados de la CVM del brazo patológico obtenida a lo largo del postoperatorio tras el test de la fatiga, expresado en Newtons ± desviación estándar, de ambos grupos (tenotomía y tenodesis). Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

En el gráfico 8 se expresa gráficamente la evolución temporal de la CVM en el tiempo, en el período preoperatorio, a los tres, seis y doce meses tras la intervención. Se presentan dos gráficos: la evolución temporal de la CVM prefatiga y CVM postfatiga.

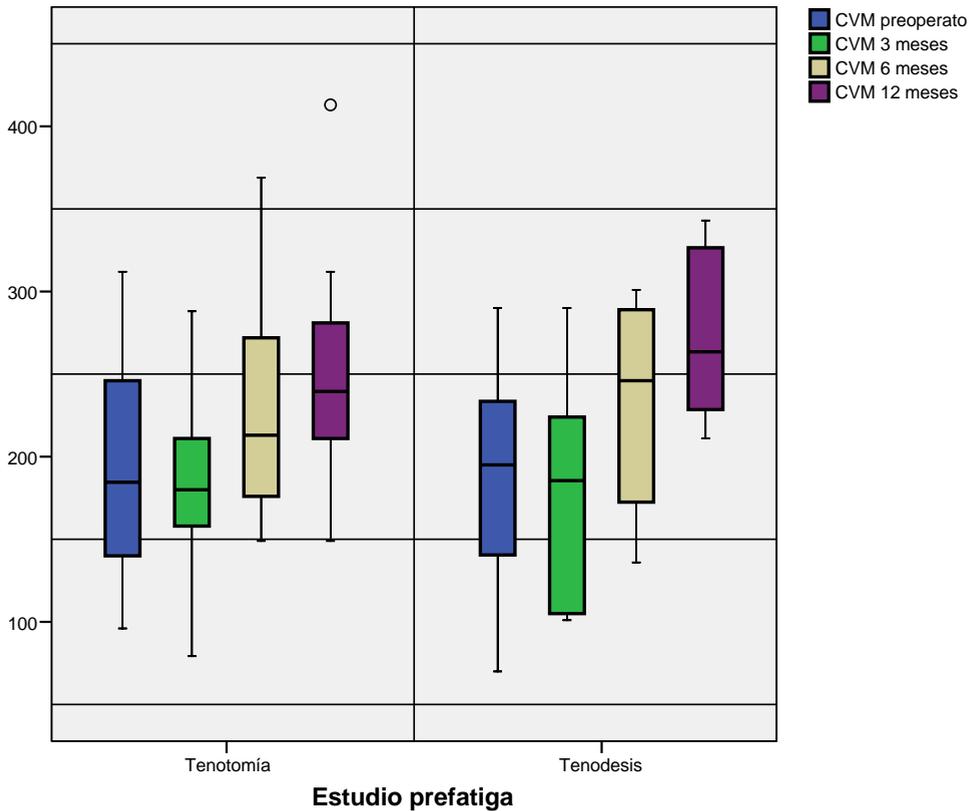


Gráfico 8: Valores de la CVM prefatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

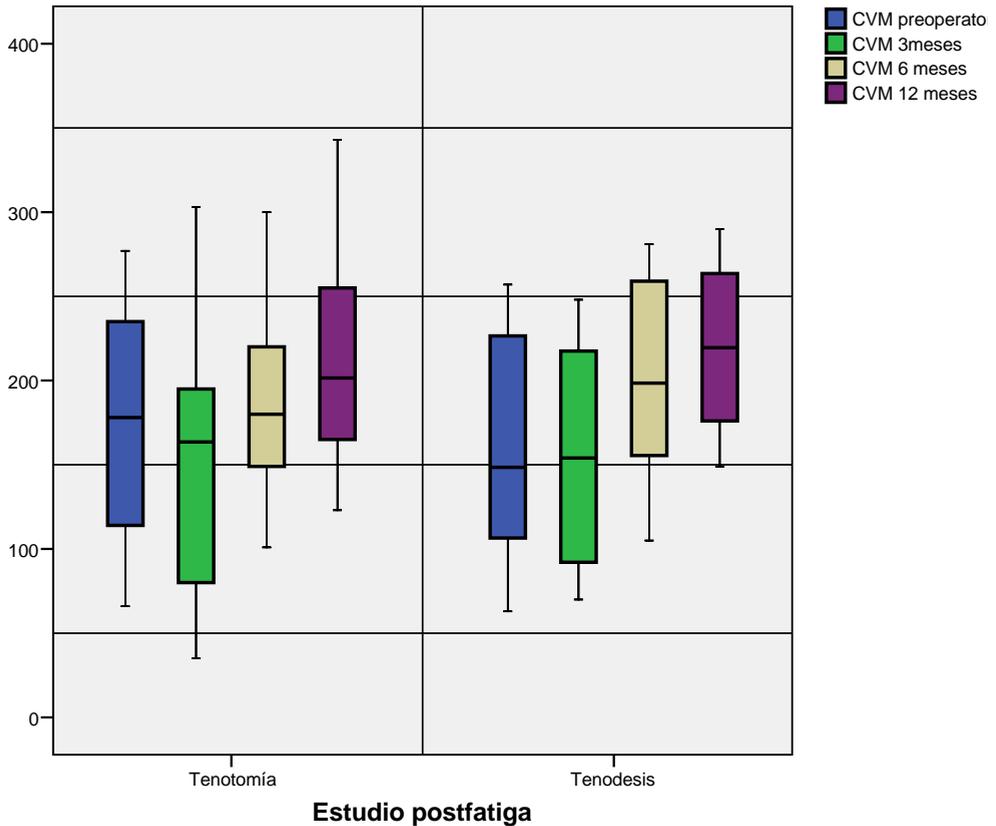


Gráfico 9: Valores de la CVM postfatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

En la tabla 25 se muestra la evolución temporal del índice de fuerza de flexión prefatiga. La evolución temporal del Índice de fuerza de flexión tras la fatiga se muestra en la tabla 26.

Índice de fuerza de flexión Prefatiga	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVMpat/sano preop	0,77 ± 0,15	0,96	0,83 ± 0,50	0,71	T= 0,71
CVM patol/sano 3m preF	0,67 ± 0,24	0,99	0,84 ± 0,62	0,20	T= 0,31
CVM patol/sano 6m preF	0,82 ± 0,13	0,93	0,96 ± 0,42	0,46	T= 0,17
CVM patol/sano 12m preF	0,9 ± 0,13	0,48	0,97 ± 0,17	0,72	T= 0,18

Tabla 25: Evolución temporal de los resultados obtenidos en índice de fuerza de flexión prefatiga brazo patológico con respecto al brazo sano (expresado en tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

Índice de fuerza de flexión Postfatiga	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM patol/sano preop postF	0,83 ± 0,33	0,057	0,73 ± 0,27	0,94	T= 0,41
CVM patol/sano 3m posF	0,67 ± 0,30	0,95	0,98 ± 0,82	0,09	T= 0,16
CVM patol/sano 6m postF	0,78 ± 0,13	0,76	0,97 ± 0,43	0,54	T= 0,23
CVM patol/sano 12m postF	0,86 ± 0,12	0,87	0,8 ± 0,16	0,92	T= 0,69

Tabla 26: Evolución temporal de los resultados obtenidos en índice de fuerza de flexión postfatiga brazo patológico con respecto al brazo sano (expresado en tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

En el estudio de la evolución temporal de la CVM en función de la mejoría con respecto al preoperatorio podemos reflejar los resultados mediante la diferencia o el cociente del parámetro postoperatorio con respecto al valor preoperatorio, que actuaría como valor de referencia.

En el caso de la evolución temporal de la sustracción entre el valor preoperatorio menos el postoperatorio en evolución, es decir, la pérdida de CVM, se expresan en las siguientes tablas pre y postfatiga (tablas 27 y 28 respectivamente).

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM preop-CVM 3m preF	23,1 ± 70,34	0,91	3,27 ± 49,57	0,78	T= 0,42
CVM preop-CVM 6m preF	-25,85 ± 60,54	0,94	-42,33 ± 59,83	0,92	T= 0,5
CVM preop-CVM 12m preF	-48,23 ± 64,40	0,87	-79,30 ± 63,89	0,98	T= 0,21

Tabla 27: Evolución temporal de los resultados obtenidos en la diferencia de fuerza de flexión prefatiga en el brazo preoperatorio menos el valor postoperatorio (expresado en Newtons ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM preop-CVM 3m postF	23,36 ± 70,91	0,92	-15,29 ± 58,13	0,73	T= 0,14
CVM preop-CVM 6m postF	-8 ± 55,12	0,71	-42,44 ± 69,34	0,28	T= 0,16
CVM preop-CVM 12m postF	-35,71 ± 55,28	0,98	-58,9 ± 61,57	0,84	T= 0,3

Tabla 28: Evolución temporal de los resultados obtenidos en la diferencia de fuerza de flexión postfatiga en el brazo preoperatorio menos el valor postoperatorio (expresado en Newtons ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

En el caso de la evolución temporal del cociente entre el valor postoperatorio entre el valor preoperatorio en evolución, que actuaría como

valor de referencia, se expresan en las siguientes tablas pre y postfatiga (tablas 29 y 30 respectivamente).

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM 3m/CVM preop preF Intervalo confianza	0,94 ± 0,39 (-0,25;0,15) Sig= 0,6	0,30	1,04 ± 0,27 (-0,25;0,15) Sig= 0,6	0,99	T= 0,50
CVM 6m/CVM preop preF Intervalo confianza	1,18 ± 0,36 (0,01;0,35) Sig= 0,03	0,97	1,39 ± 0,81 (-0,22;1,02) Sig= 0,17	0,13	T= 0,33
CVM 12m/CVM preop preF Intervalo confianza	1,31 ± 0,37 (0,14;0,48) Sig= 0,00	0,80	1,67 ± 0,89 (0,03;1,31) Sig= 0,04	0,4	T= 0,11

Tabla 29: Evolución temporal de los resultados obtenidos en el cociente entre la fuerza de flexión prefatiga en el brazo postoperatorio y el valor preoperatorio (expresado en tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
CVM 3m/CVM preop postF Intervalo confianza	0,93 ± 0,45 (-0,3;0,16) Sig= 0,55	0,85	1,23 ± 0,6 (-0,3;0,16) Sig= 0,55	0,55	T= 0,15
CVM 6m/CVM preop postF Intervalo confianza	1,12 ± 0,4 (-0,06;0,31) Sig= 0,18	0,88	1,55 ± 1,06 (-0,27;1,37) Sig= 0,16	0,16	T= 0,13
CVM 12m/CVM preop postF Intervalo confianza	1,31 ± 0,44 (0,11;0,51) Sig= 0,00	0,53	1,59 ± 0,9 (-0,05;1,24) Sig= 0,06	0,25	T= 0,24

Tabla 30: Evolución temporal de los resultados obtenidos en el cociente entre la fuerza de flexión postfatiga en el brazo postoperatorio y el valor preoperatorio (expresado en tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

8.4 Supinación voluntaria máxima (SVM) del antebrazo

En este apartado se analizarán los resultados de la fuerza de supinación del codo (momento de torsión), antes y después del test de fatiga. Se presentará su evolución temporal en apartados prequirúrgico, y a los tres, seis y doce meses tras la intervención. Los valores del momento de torsión se expresan en Newtons x metro.

8.4.1 Análisis de la Contracción Voluntaria Máxima (SVM) prequirúrgica

Los resultados biomecánicos de la SVM en el preoperatorio se expresan en la tabla 31.

		Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Prefatiga	SVM patológico preop	149,95 ± 72,23	0,62	129,18 ± 77,58	0,66	T= 0,45
	SVM sano preop	191,36 ± 78,45	0,51	187,63 ± 90,92	0,72	T= 0,9
	SVMpat/sano preop	0,85 ± 0,39	0,96	0,83 ± 0,58	0,71	T= 0,71
Postfatiga	SVM patol preop	146,90 ± 77,56	0,62	118 ± 68,65	0,88	T= 0,3
	SVM sano preop	190,59 ± 80,34	0,56	166 ± 77,49	0,79	T= 0,4
	SVM pat/sano	0,82 ± 0,36	0,057	0,77 ± 0,44	0,94	T= 0,41
SVM pat postF/preF		1,01 ± 0,42	0,36	0,97 ± 0,34	0,98	T= 0,76

Tabla 31: Resultados de la SVM prequirúrgica (expresado en Newtons x metro o tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis, antes y después del test de fatiga. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Además, se analiza la relación entre la SVM del brazo patológico y de brazo sano, y la pérdida de SVM en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga.

El estudio de los resultados de la SVM en el preoperatorio revela que no existen diferencias estadísticas en los grupos de base, ni en el brazo patológico ni en el brazo sano, tanto en reposo como tras la realización del test de fatiga. Esta ausencia de diferencias antes de la intervención es importante para poder realizar comparaciones posteriores.

8.4.2 Análisis de la Supinación Voluntaria Máxima (SVM) a los 3 meses de la intervención

Los resultados obtenidos en SVM a los tres meses de la intervención del brazo intervenido se expresan en la tabla 32.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patológico preF 3m	140,16 ± 51,97	0,55	128,66 ± 62,79	0,37	T= 0,56
SVM patológico postF 3m	133,05 ± 69,44	0,64	125,93 ± 59,20	0,30	T= 0,75

Tabla 32: Resultados de la SVM del brazo patológico obtenida a los 3 meses de la intervención, expresado en Newtons x metro ± desviación estándar, de ambos grupos (tenotomía y tenodesis), tanto antes (preF) como después (postF) del test de la fatiga. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

De la tabla 32 se desprende que no existen diferencias estadísticas entre ambos grupos en cuanto a la SVM ni antes ni después del test de la fatiga en el estudio a los tres meses de la intervención.

A continuación, se detalla la relación entre los valores obtenidos en SVM a los tres meses de la intervención con respecto del mismo parámetro en el preoperatorio y se expresan en la tabla 33.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM preop-SVM 3m preF Intervalo confianza	16 ± 60,68 (-15,19;47,19) Sig= 0,29	0,77	-14,36 ± 48,21 (-46,75;18,02) Sig= 0,34	0,85	T= 0,17
SVM preop-SVM 3m postF Intervalo confianza	33,35 ± 58,04 (3,5;63,19) Sig= 0,03	0,52	-22,54 ± 54,78 (-59,34;14,25) Sig= 0,2	0,99	T= 0,017
SVM 3m/SVM preop preF Intervalo confianza	1 ± 0,37 (-0,18;0,19) Sig= 0,96	0,87	1,23 ± 0,4 (-0,03;0,5) Sig= 0,08	0,99	T= 0,13
SVM 3m/SVM preop postF Intervalo confianza	0,85 ± 0,31 (-0,3;0,02) Sig= 0,08	0,89	1,37 ± 0,63 (-0,04;0,8) Sig= 0,07	0,99	T= 0,026

Tabla 33: Resta y cociente de los resultados obtenidos en SVM a los 3 meses de la intervención con respecto a los mismos parámetros en el preoperatorio (expresado en Newtons x metro o tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

Pese a la ausencia de diferencias en valores absolutos de SVM entre técnicas a los tres meses, cuando comparamos los resultados de ambas técnicas a los tres meses en relación con los valores preoperatorios sí podemos apreciar diferencias estadísticas a favor de la tenodesis en el estudio postfatiga. En el caso de la resta, los valores de la tenotomía ($33,35 \pm 58,04$ Nm) son claramente inferiores con respecto a los resultados con signo negativo de la tenodesis ($-22,54 \pm 54,78$ Nm), que informan de una mayor SVM tras la ejecución de la técnica. En el cociente, apreciamos que los resultados son claramente mayores que la unidad en los resultados de la tenodesis ($1,37 \pm 0,63$), mientras que los resultados de la tenotomía están por debajo de la unidad ($0,85 \pm 0,31$).

En el estudio prefatiga, la tendencia va igualmente a favor de la tenodesis, pese a que no se ha demostrado su significación estadística.

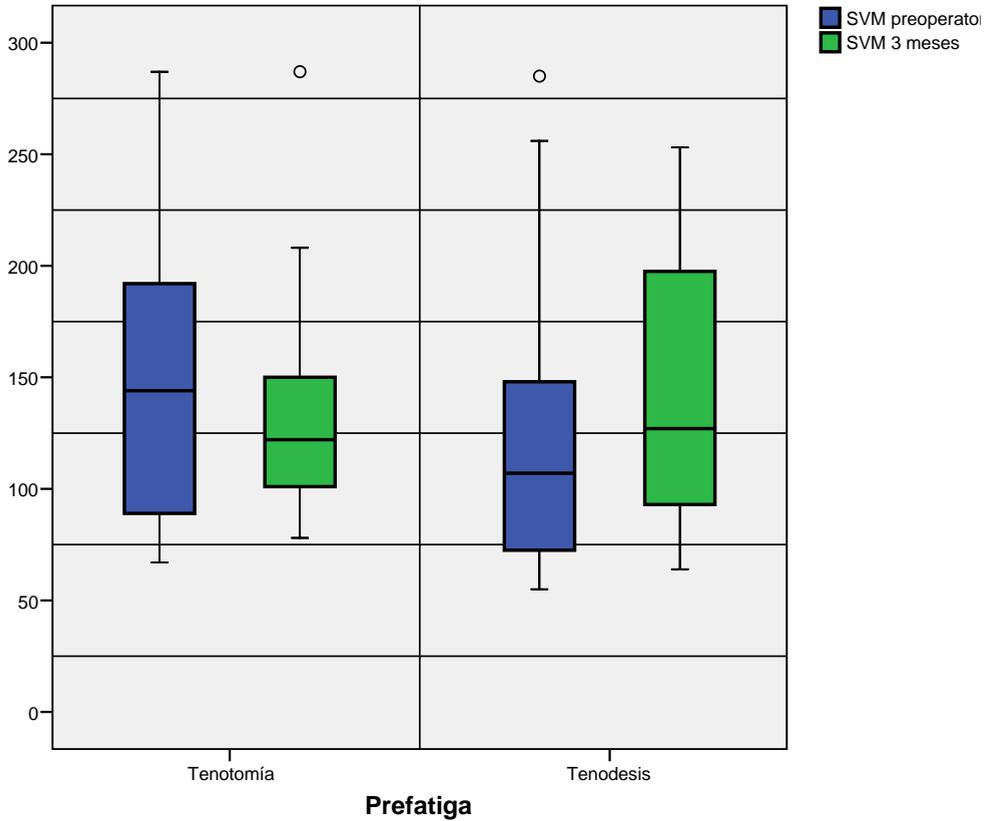


Gráfico 10: Valores de la SVM prefatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 3 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

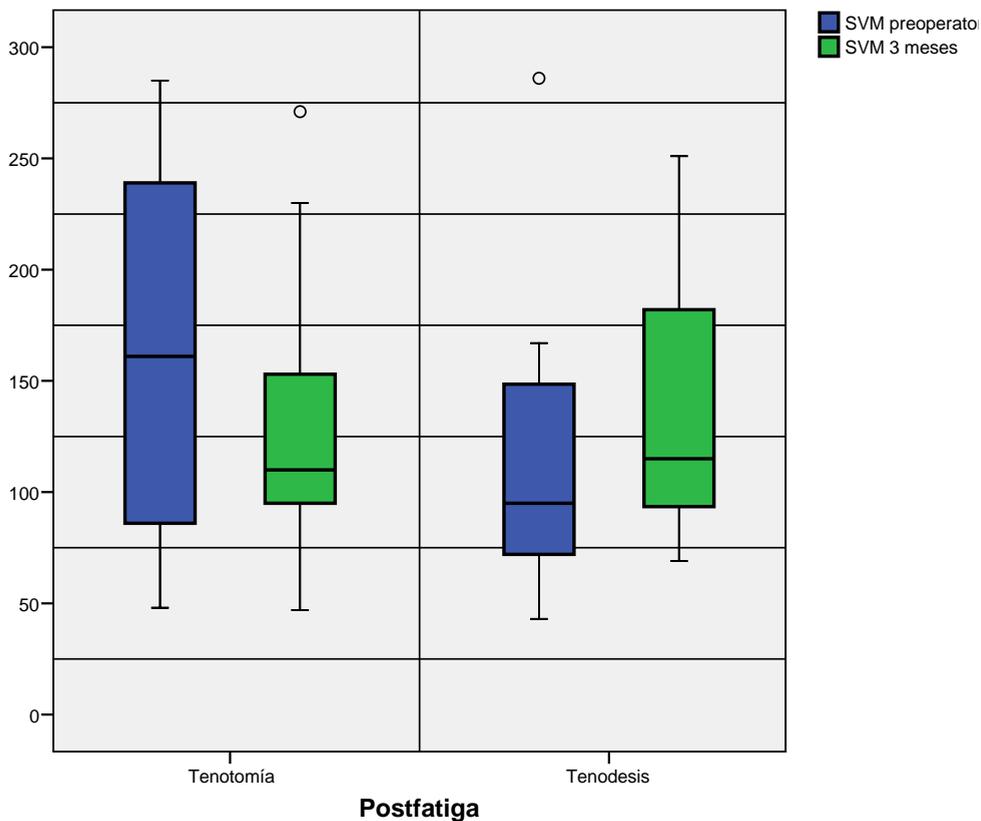


Gráfico 11: Valores de la SVM postfatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 3 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

En cuanto a la relación entre los resultados obtenidos a los tres meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano, tanto antes como después de la fatiga, se expresan en la tabla 34.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patol/sano 3m preF Intervalo confianza	0,79 ± 0,36 (-0,38;-0,1) Sig= 0,03	0,18	0,8 ± 0,62 (-0,53;0,15) Sig=,25	0,065	T= 0,96
SVM patol/sano 3m postF Intervalo confianza	0,82 ± 0,35 (-0,34;0) Sig= 0,05	0,75	0,84 ± 0,51 (-0,44;0,12) Sig=,25	0,32	T= 0,92

Tabla 34: Relación entre los resultados obtenidos en SVM a los 3 meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano (expresado en tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

La relación entre los resultados del brazo intervenido con respecto del sano nos informa de que, a los tres meses de la intervención, los datos obtenidos en el brazo patológico no alcanzan lo recogido en el brazo sano. Esto es así en ambas técnicas, sin mostrar ninguna de ellas una mejor relación respecto al brazo sano, que puede considerarse como normal.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patol pref3m-SVM patol postF3m (Pérdida SVM) Intervalo confianza	7,11 ± 36,83 (-11,20;25,42) Sig= 0,42	0,95	2,73 ± 25,23 (-11,23;16,7) Sig= 0,68	0,75	T= 0,69
SVMpat postF/preF 3m Intervalo confianza	0,91 ± 0,28 (-0,22;0,06) Sig= 0,24	0,97	1 ± 0,2 (-0,110,11;) Sig= 0,98	0,79	T= 0,36

Tabla 35: Relación entre los resultados obtenidos en SVM a los 3 meses de la intervención en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga con respecto a sus mismos valores antes del test de fatiga (expresado en Newtons x metro o tanto por uno ± desviación estándar) en ambos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

En la tabla 35 se expresa la pérdida de la capacidad de SVM en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga, comparándose con el mismo parámetro antes de la fatiga. Se analiza su relación mediante la resta y el cociente.

La merma de la SVM tras la realización del test de fatiga no ha hallado diferencias estadísticas entre ambas técnicas.

8.4.3 Análisis de la Supinación Voluntaria Máxima (SVM) a los 6 meses de la intervención

Los resultados obtenidos en SVM a los seis meses de la intervención del brazo intervenido se expresan en la tabla 36.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patológico preF 6m	151,66 ± 68,81	0,58	165,91 ± 62,38	0,93	T= 0,55
SVM patológico postF 6m	140,90 ± 72,93	0,19	150,75 ± 72,41	0,72	T= 0,71

Tabla 36: Resultados de la SVM del brazo patológico obtenida a los 6 meses de la intervención, expresado en Newtons x metro ± desviación estándar, de ambos grupos (tenotomía y tenodesis), tanto antes (preF) como después (postF) del test de la fatiga. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

La tabla 36 evidencia que no existen diferencias estadísticas entre ambos grupos en cuanto a los valores absolutos de SVM ni antes ni después del test de la fatiga en el estudio a los seis meses de la intervención.

A continuación, se compara la pérdida de función (pérdida de SVM) del brazo a los seis meses de la intervención con respecto a sus valores preoperatorios. Se expresa en la tabla 37.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM preop-SVM 6m preF Intervalo confianza	2,45 ± 51,32 (-21,57;26,47) Sig= 0,83	0,93	-49 ± 53,55 (-90,16;-7,83) Sig= 0,02	0,76	T= 0,02
SVM preop-SVM 6m postF Intervalo confianza	6,25 ± 61,54 (-22,55;35,05) Sig= 0,65	0,50	-39,66 ± 49,60 (-77,79;-1,53) Sig= 0,04	0,68	T= 0,06
SVM 6m/SVM preop preF Intervalo confianza	1,06 ± 0,37 (-0,1;0,23) Sig= 0,44	0,98	1,6 ± 0,65 (0,1;1,11) Sig= 0,02	0,99	T= 0,008
SVM 6m/SVM preop postF Intervalo confianza	1,06 ± 0,42 (-0,13;0,26) Sig= 0,49	0,90	1,44 ± 0,53 (0,03;0,85) Sig= 0,03	0,86	T= 0,048

Tabla 37: Resta y cociente de los resultados obtenidos en SVM a los 6 meses de la intervención con respecto a los mismos parámetros en el preoperatorio (expresado en Newtons x metro ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

De la tabla 37, se desprende que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de SMV a los seis meses en relación con sus valores preoperatorios. Esto es así en el estudio prefatiga, donde se pueden encontrar valores con signo negativo en los resultados de la resta en el caso de la tenodesis (-49 ± 53,55 Nm), en contraposición a los valores positivos de la tenotomía (2,45 ± 51,32 Nm). En el caso del cociente, los valores alcanzados por la tenodesis se alejan de la unidad (1,6 ± 0,65) en mayor cuantía que en la tenotomía (1,06 ± 0,37).

En el análisis postfatiga de la relación entre los valores de la SVM a los seis meses con relación a los valores preoperatorios también se puede apreciar una diferencia a favor de la tenodesis en el caso del cociente, con significación

estadística. La asociación estadística no se ha demostrado en el caso de la diferencia, aunque sí se aprecia la tendencia a favor de la tenodesis.

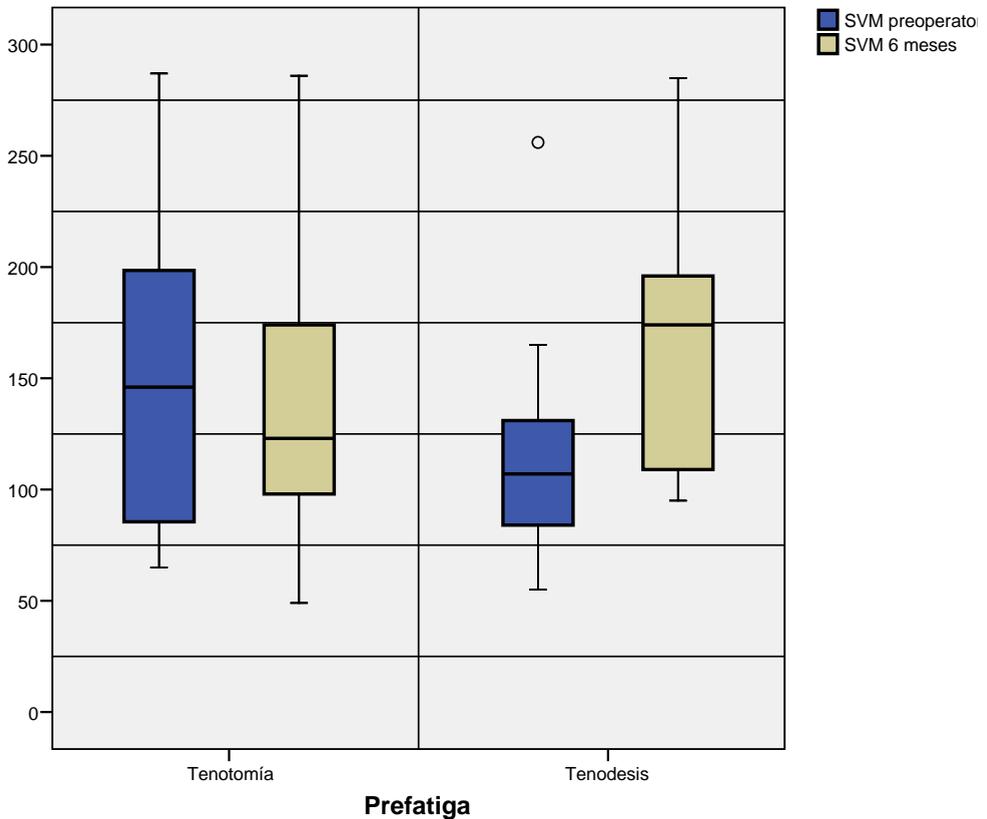


Gráfico 12: Valores de la SVM prefatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 6 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

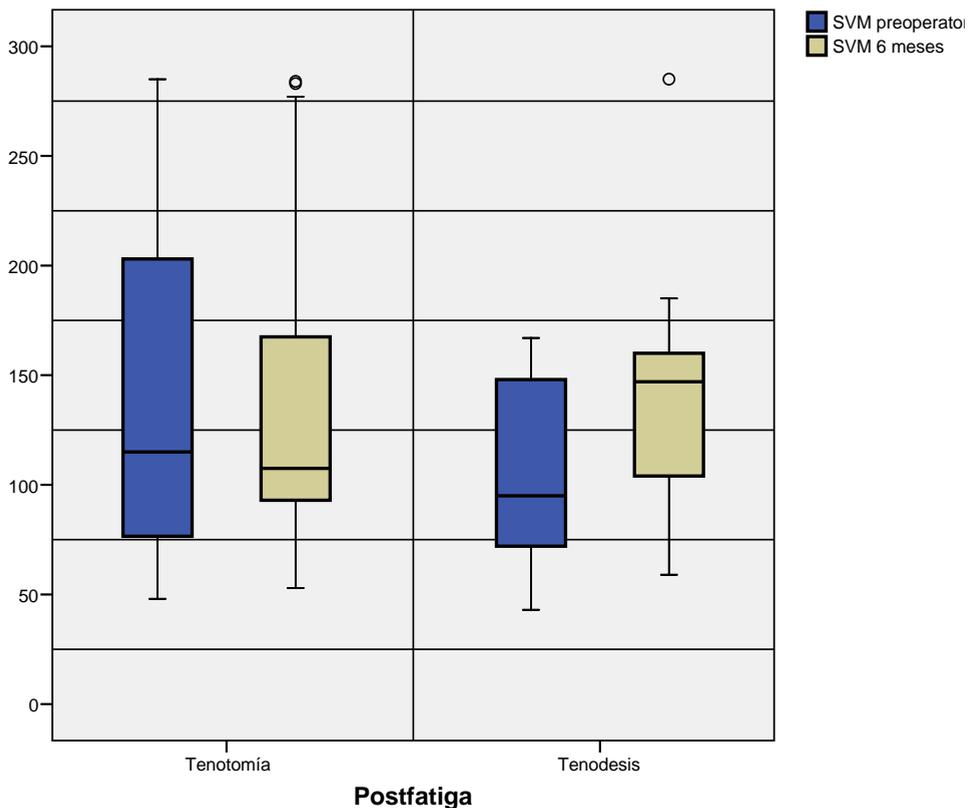


Gráfico 13: Valores de la SVM postfatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 6 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

La relación entre los resultados obtenidos a los seis meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano, tanto antes como después de la fatiga, aparece expresada en la tabla 38.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patol/sano 6m preF Intervalo confianza	0,8 ± 0,19 (-0,28;-0,1) Sig= 0,000	0,5	1,04 ± 0,57 (-0,32;0,4) Sig= 0,8	0,08	T= 0,09
SVM patol/sano 6m postF Intervalo confianza	0,84 ± 0,26 (-0,27;-0,02) Sig= 0,01	0,95	0,98 ± 0,4 (-0,27;0,24) Sig= 0,88	0,14	T= 0,26

Tabla 38: Relación entre los resultados obtenidos en SVM a los 6 meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano (expresado en Newtons x metro ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

La relación entre los resultados del brazo intervenido con respecto del sano informa de que, a los seis meses de la intervención, los datos obtenidos en el brazo patológico no alcanzan lo apreciado en el brazo sano. Esto es así en ambas técnicas, sin mostrar ninguna de ellas una mejor relación respecto al brazo sano, que puede considerarse como normal.

En la tabla 39 se expresa la pérdida de la capacidad de SVM en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga, comparándose con el mismo parámetro antes de la fatiga. Se analiza su relación mediante la resta y el cociente.

La merma de la SVM tras la realización del test de fatiga no ha hallado diferencias estadísticas entre ambas técnicas.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patol pref6m-SVM patol postF6m (Pérdida SVM) Intervalo confianza	10,76 ± 28,51 (-2,21;23,74) Sig= 0,09	0,37	15,16 ± 30,25 (-4,05;34,39) Sig= 0,11	0,86	T= 0,67
SVMpat postF/preF 6m Intervalo confianza	0,93 ± 0,17 (-0,14;0,01) Sig= 0,09	0,67	0,9 ± 0,18 (-0,21;0,01) Sig= 0,08	0,98	T= 0,63

Tabla 39: Relación entre los resultados obtenidos en SVM a los 6 meses de la intervención en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga con respecto a sus mismos valores antes del test de fatiga (expresado en Newtons x metro ± desviación estándar) en ambos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

8.4.4 Análisis de la Supinación Voluntaria Máxima (SVM) a los 12 meses de la intervención

Los resultados obtenidos en SVM a los 12 meses de la intervención del brazo intervenido se expresan en la tabla 40.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patológico preF 12m	147,5 ± 56,98	0,87	177,76 ± 71,67	0,99	T= 0,17
SVM patológico postF 12m	137,09 ± 49,94	0,98	194,75 ± 72,9	0,87	T= 0,01

Tabla 40: Resultados de la SVM del brazo patológico obtenida a los 12 meses de la intervención, expresado en Newtons x metro ± desviación estándar, de ambos grupos (tenotomía y tenodesis), tanto antes (preF) como después (postF) del test de la fatiga. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

La tabla 40 evidencia que existe diferencia estadísticamente significativa en los valores absolutos de SVM a los 12 meses tras la intervención en los valores postfatiga. Esta diferencia es a favor de los resultados de la técnica

tenodesis ($194,75 \pm 72,9$ Nm) con respecto a la tenotomía ($137,09 \pm 49,94$ Nm). No se han apreciado diferencias en el estudio SVM prefatiga.

A continuación, en la tabla 41, se compara la pérdida de función (pérdida de SVM) del brazo tras 12 meses de la intervención con respecto a sus valores preoperatorios.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM preop-SVM 12m preF Intervalo confianza	$7,52 \pm 64,57$ (-21,87;36,91) Sig= 0,59	0,93	$-59,8 \pm 66,35$ (-107,26;-12,33) Sig= 0,01	0,99	T= 0,01
SVM preop-SVM 12m postF Intervalo confianza	$14,28 \pm 77,72$ (-21,09;49,66) Sig= 0,41	0,28	$-83,40 \pm 65,48$ (-130,24;-36,55) Sig= 0,003	0,99	T= 0,002
SVM 12m/SVM preop preF Intervalo confianza	$1,06 \pm 0,42$ (-0,13;0,25) Sig= 0,5	0,45	$1,79 \pm 1,01$ (0,06;1,52) Sig= 0,03	0,92	T= 0,053
SVM 12m/SVM preop postF Intervalo confianza	$1,06 \pm 0,43$ (-0,13;0,26) Sig= 0,47	0,89	$2 \pm 0,91$ (0,34;1,65) Sig= 0,007	0,74	T= 0,01

Tabla 41: Resta y cociente de los resultados obtenidos en SVM a los 12 meses de la intervención con respecto a los mismos parámetros en el preoperatorio (expresado en Newtons x metro \pm desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

El estudio estadístico evidencia diferencias entre ambas técnicas tanto en el estudio prefatiga como en el postfatiga. El estudio prefatiga encuentra diferencias entre ambas técnicas en el caso de la diferencia, a favor de la tenodesis, con valores claramente negativos ($-59,8 \pm 66,35$ Nm), comparados con los valores de la tenotomía ($7,52 \pm 64,57$ Nm). Por el contrario, los resultados del cociente no alcanzan la significación estadística.

En el estudio postfatiga, la relación entre los valores de SVM entre el preoperatorio y el estudio a los doce meses muestran diferencias estadísticas

tanto en la diferencia como en el cociente. En el caso de la diferencia, los valores negativos apreciados en la tenodesis ($-83,40 \pm 65,48$ Nm) contrastan con los valores de la tenotomía ($14,28 \pm 77,72$ Nm), evidenciando una mejoría de los valores de SVM tras doce meses de la realización de la tenodesis de la PLB. Los valores del cociente en la tenodesis ($2 \pm 0,91$) prácticamente duplican lo apreciado en la tenotomía ($1,06 \pm 0,43$).

En los gráficos 14 y 15 se representan los valores de SVM a los 12 meses de la intervención con respecto a los valores preoperatorios, tanto en el estudio prefatiga (gráfico 14) como en el postfatiga (gráfico 15).

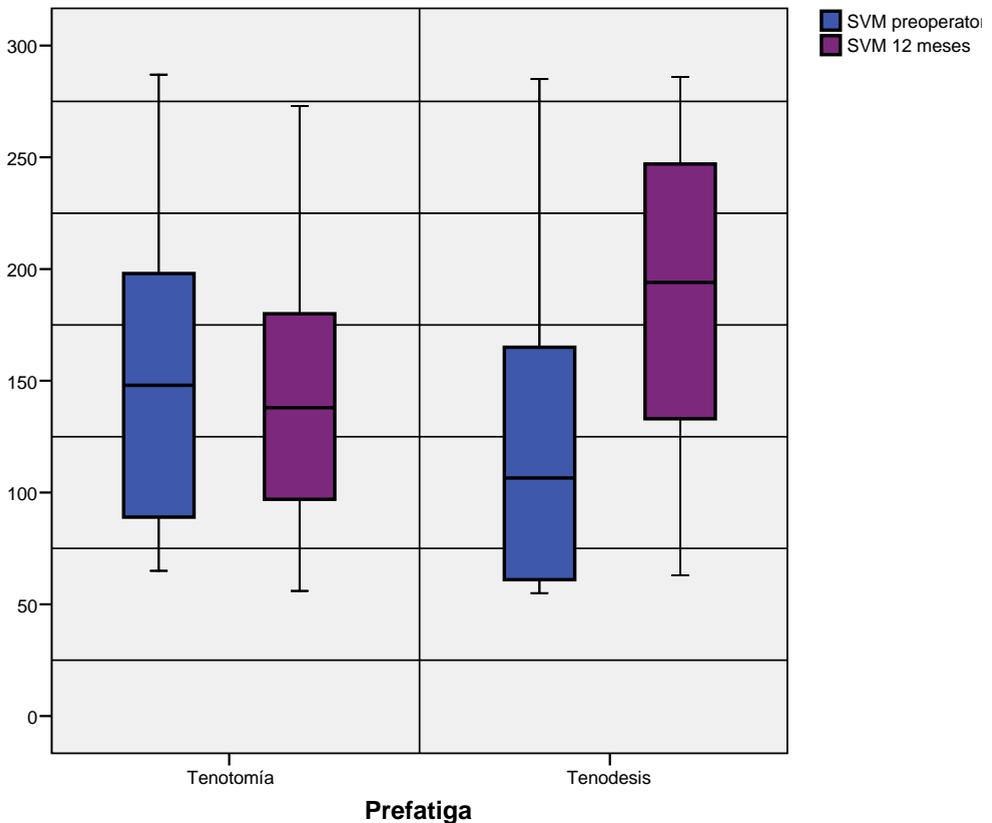


Gráfico 14: Valores de la SVM prefatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

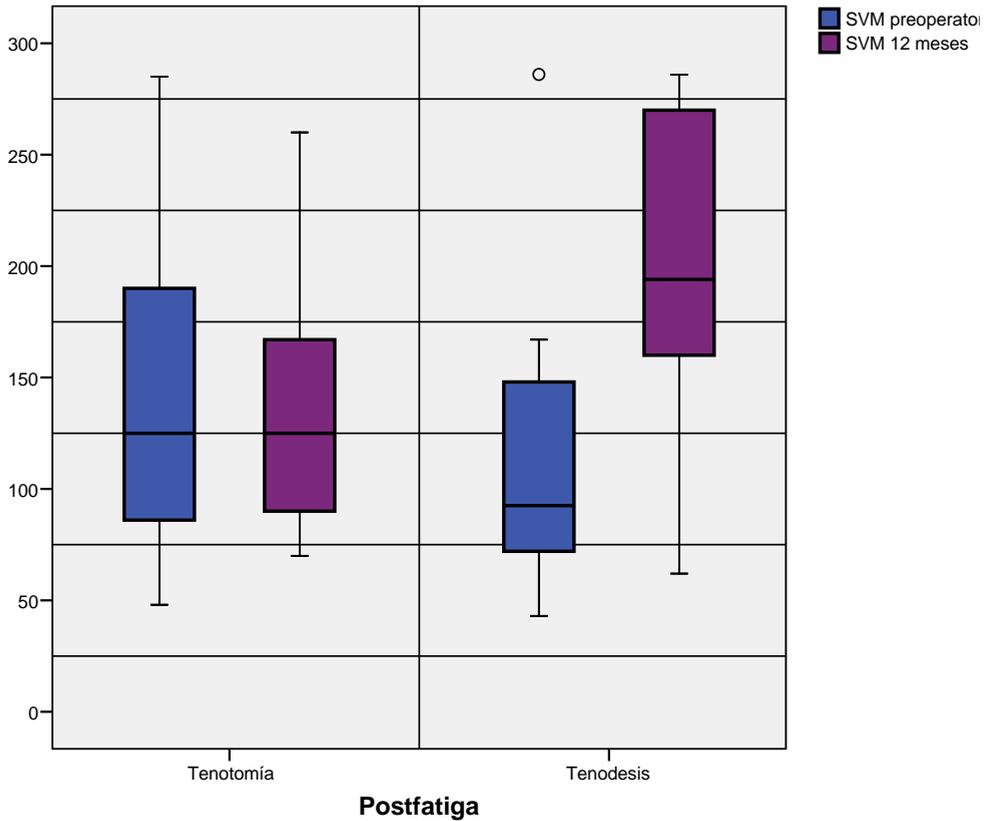


Gráfico 15: Valores de la SVM postfatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

La tabla 42 muestra la relación entre los resultados obtenidos a los doce meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano, tanto antes como después de la fatiga.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patol/sano 12m preF Intervalo confianza	0,93 ± 0,24 (-0,17;0,04) Sig= 0,25	0,80	0,88 ± 0,28 (-0,29;0,05) Sig= 0,15	0,85	T= 0,53
SVM patol/sano 12m postF Intervalo confianza	0,95 ± 0,28 (-0,17;0,07) Sig= 0,43	0,80	0,97 ± 0,16 (-0,12;0,08) Sig= 0,66	0,84	T= 0,73

Tabla 42: Relación entre los resultados obtenidos en SVM a los 12 meses de la intervención en el brazo patológico con respecto al brazo sano (expresado en Newtons x metro ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

La relación entre los resultados del brazo intervenido con respecto del sano informa de que, a los doce meses de la intervención, los datos obtenidos en el brazo patológico no alcanzan lo recogido en el brazo sano. Esta relación entre brazo patológico con respecto al sano es así en ambas técnicas.

En la tabla 43 se expresa la pérdida de la capacidad de SVM en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga, comparándose con el mismo parámetro antes de la fatiga. Se analiza su relación mediante la resta y el cociente.

La merma de la SVM en el brazo intervenido tras la realización del test de fatiga no ha hallado diferencias estadísticas entre ambas técnicas.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patol pref12m-SVM patol postF12m (Pérdida SVM) Intervalo confianza	10,40 ± 37,5 (-6,21;27,03) Sig= 0,2	0,83	-2 ± 39,06 (-25,6;21,60) Sig= 0,85	0,45	T= 0,35
SVMpat postF/preF 12m Intervalo confianza	0,96 ± 0,25 (-0,14;0,07) Sig= 0,55	0,38	0,97 ± 0,34 (-0,23;0,18) Sig= 0,79	0,14	T= 0,94

Tabla 43: Relación entre los resultados obtenidos en SVM a los 12 meses de la intervención en el brazo patológico tras la realización del test de fatiga con respecto a sus mismos valores antes del test de fatiga (expresado en Newtons x metro ± desviación estándar) en ambos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%.

8.4.5 Análisis evolutivo de la Supinación Voluntaria Máxima (SVM) en el tiempo

En el presente estudio se ha analizado la evolución temporal de la fuerza de supinación, y que se resume en la tabla 44.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patológico preop	149,95 ± 72,23	0,62	129,18 ± 77,58	0,66	T= 0,45
SVM patológico preF 3m	140,16 ± 51,97	0,55	128,66 ± 62,79	0,37	T= 0,56
SVM patológico preF 6m	151,66 ± 68,81	0,58	165,91 ± 62,38	0,93	T= 0,55
SVM patológico preF 12m	147,5 ± 56,98	0,87	177,76 ± 71,67	0,99	T= 0,17

Tabla 44: Evolución temporal de los resultados obtenidos en índice de fuerza de supinación prefatiga en el brazo (expresado en Newtons x metro ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

Los resultados de la evolución de la fuerza de supinación postfatiga se resumen en la tabla 45.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM patol preop	146,90 ± 77,56	0,62	118 ± 68,65	0,88	T= 0,3
SVM patológico postF 3m	133,05 ± 69,44	0,64	125,93 ± 59,20	0,30	T= 0,75
SVM patológico postF 6m	140,90 ± 72,93	0,19	150,75 ± 72,41	0,72	T= 0,71
SVM patológico postF 12m	137,09 ± 49,94	0,98	194,75 ± 72,9	0,87	T= 0,01

Tabla 45: Evolución temporal de los resultados obtenidos en índice de fuerza de supinación postfatiga en el brazo (expresado en Newtons x metro ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

De las tablas 44 y 45 se puede extraer los datos de la evolución temporal de la SVM tanto en el estudio prefatiga (tabla 44) como en el postfatiga (tabla 45). Apréciase la diferencia estadística entre ambos grupos a los 12 meses en el estudio postfatiga.

A continuación, se presenta gráficamente la evolución temporal de la SVM en el tiempo, en el período preoperatorio, a los tres, seis y doce meses tras la intervención. Se muestran dos gráficos: la evolución temporal de la SVM prefatiga (gráfico 16) y SVM postfatiga (gráfico 17).

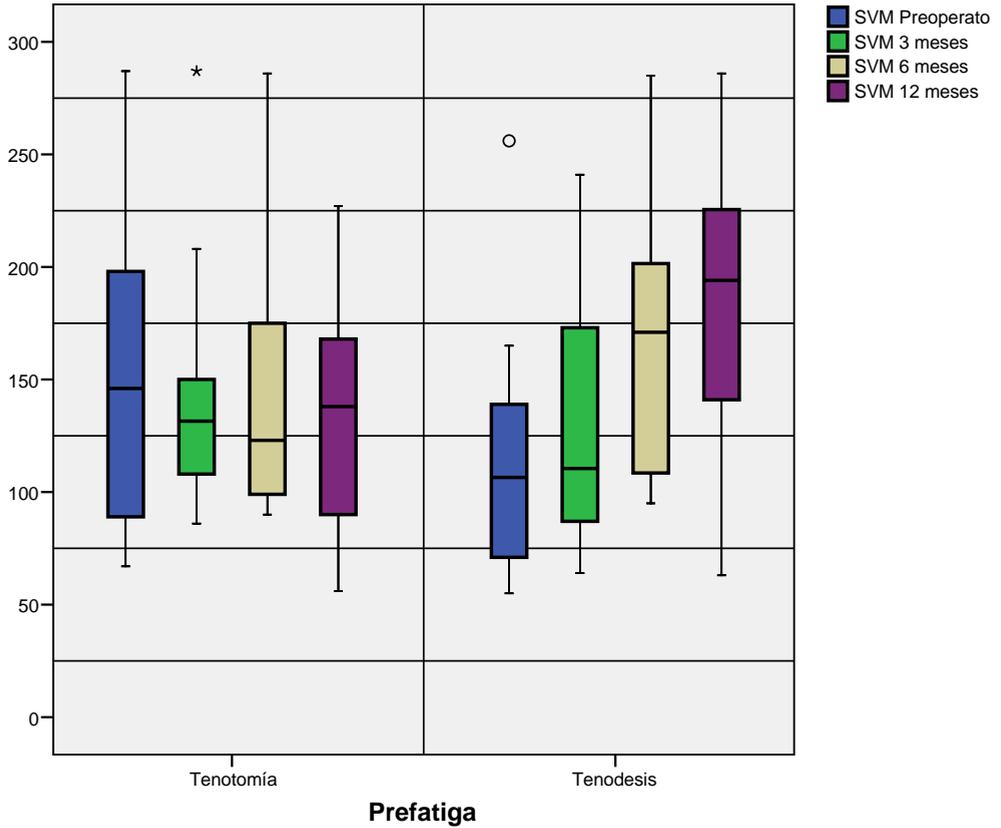


Gráfico 16: Valores de la SVM prefatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

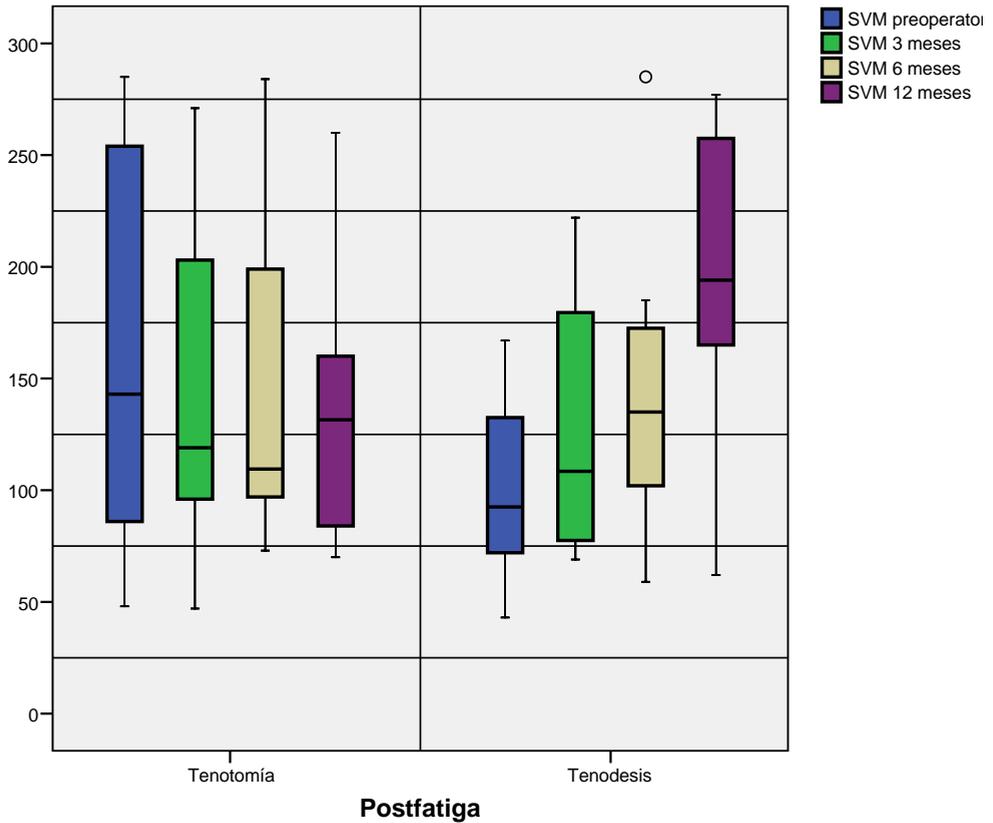


Gráfico 17: Valores de la SVM postfatiga (en Newtons) en el preoperatorio y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

Cuando se analizan los resultados en forma de índice, referenciando los valores obtenidos al brazo sano, se obtiene la siguiente evolución temporal en el caso del estudio antes de la fatiga (tabla 46).

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVMpat/sano preop	0,85 ± 0,39	0,64	0,83 ± 0,58	0,4	T= 0,87
SVM patol/sano 3m preF	0,79 ± 0,36	0,18	0,8 ± 0,62	0,065	T= 0,96
SVM patol/sano 6m preF	0,8 ± 0,19	0,5	1,04 ± 0,57	0,08	T= 0,09
SVM patol/sano 12m preF	0,93 ± 0,24	0,80	0,88 ± 0,28	0,85	T= 0,53

Tabla 46: Evolución temporal de los resultados obtenidos en índice de fuerza de supinación prefatiga en el brazo (expresado en tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

Los resultados del mismo índice después del test de la fatiga, se resumen en la tabla 47.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM pat/sano	0,82 ± 0,36	0,97	0,77 ± 0,44	0,56	T= 0,72
SVM patol/sano 3m postF	0,82 ± 0,35	0,75	0,84 ± 0,51	0,32	T= 0,92
SVM patol/sano 6m postF	0,84 ± 0,26	0,95	0,98 ± 0,4	0,14	T= 0,26
SVM patol/sano 12m postF	0,95 ± 0,28	0,80	0,97 ± 0,16	0,84	T= 0,73

Tabla 47: Evolución temporal de los resultados obtenidos en índice de fuerza de supinación postfatiga en el brazo (expresado en tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

En las tablas 46 y 47 podemos apreciar que no existen diferencias estadísticas entre ambos grupos cuando analizamos los resultados de SVM evolutivos, cuando se referencia al brazo sano. Esto es así en el estudio prefatiga (tabla 46) como en el postfatiga (tabla 47).

En el estudio de la evolución temporal de la SVM en función de la mejoría con respecto al preoperatorio se pueden reflejar los resultados mediante la diferencia o el cociente del parámetro postoperatorio con respecto al valor preoperatorio, que actuaría como valor de referencia.

En el caso de la evolución temporal de la sustracción entre el valor preoperatorio menos el postoperatorio en evolución, es decir, la pérdida de SVM, se expresan en las siguientes tablas pre y postfatiga (tablas 48 y 49 respectivamente):

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM preop-SVM 3m preF	16 ± 60,68	0,77	-14,361 ± 48,21	0,85	T= 0,17
SVM preop-SVM 6m preF	2,45 ± 51,32	0,93	-49 ± 53,55	0,76	T= 0,02
SVM preop-SVM 12m preF	7,52 ± 64,57	0,93	-59,8 ± 66,35	0,99	T= 0,01

Tabla 48: Evolución temporal de los resultados obtenidos en la diferencia de fuerza de supinación prefatiga en el brazo preoperatorio menos el valor postoperatorio (expresado en Newtons x metro ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM preop-SVM 3m postF	33,35 ± 58,04	0,52	-22,54 ± 54,78	0,99	T= 0,017
SVM preop-SVM 6m postF	6,25 ± 61,54	0,50	-39,66 ± 49,60	0,68	T= 0,06
SVM preop-SVM 12m postF	14,28 ± 77,72	0,28	-83,40 ± 65,48	0,99	T= 0,002

Tabla 49: Evolución temporal de los resultados obtenidos en la diferencia de fuerza de supinación postfatiga en el brazo preoperatorio menos el valor postoperatorio (expresado en Newtons x metro ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

En las tablas 48 y 49 se expresa la pérdida de SVM como diferencia con respecto al valor preoperatorio, tanto en el estudio prefatiga (tabla 48) como en el postfatiga (tabla 49). Apréciase la diferencia estadística a partir del sexto mes en el estudio prefatiga, donde los resultados tienen valor positivo en el grupo tenotomía (pierde fuerza de SVM) mientras que en el grupo tenodesis presenta valores ampliamente negativos (gana fuerza de SVM). En el estudio postfatiga, estas diferencias se presentan al tercer mes. Los valores al sexto mes también son mejores en el grupo tenodesis, pero sin alcanzar la significación estadística.

En el caso de la evolución temporal del cociente entre el valor postoperatorio entre el valor preoperatorio en evolución, que actuaría como valor de referencia, se expresan en las siguientes tablas pre y postfatiga (tablas 50 y 51 respectivamente).

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM 3m/SVM preop preF	1 ± 0,37	0,87	1,23 ± 0,4	0,99	T= 0,13
SVM 6m/SVM preop preF	1,06 ± 0,37	0,98	1,6 ± 0,65	0,99	T= 0,008
SVM 12m/SVM preop preF	1,06 ± 0,42	0,45	1,79 ± 1,01	0,92	T= 0,053

Tabla 50: Evolución temporal de los resultados obtenidos en el cociente entre la fuerza de supinación prefatiga en el brazo postoperatorio y el valor preoperatorio (expresado en tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
SVM 3m/SVM preop postF	0,85 ± 0,31	0,89	1,37 ± 0,63	0,99	T= 0,026
SVM 6m/SVM preop postF	1,06 ± 0,42	0,90	1,44 ± 0,53	0,86	T= 0,048
SVM 12m/SVM preop postF	1,06 ± 0,43	0,89	2 ± 0,91	0,74	T= 0,01

Tabla 51: Evolución temporal de los resultados obtenidos en el cociente entre la fuerza de supinación postfatiga en el brazo postoperatorio y el valor preoperatorio (expresado en tanto por uno ± desviación estándar) entre los dos grupos asignados: tenotomía o tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

En las tablas 50 y 51 se expresa la evolución de SVM como cociente con respecto al valor preoperatorio. El valor preoperatorio actúa de divisor en el cálculo, actuando como valor de referencia, tanto en el estudio prefatiga (tabla 50) como en el postfatiga (tabla 51). Apréciase la diferencia estadística a partir del sexto mes en el estudio prefatiga. En el estudio postfatiga, estas diferencias se presentan al tercer mes.

8.5 Parámetros clínicos

A continuación, se procede a exponer los resultados clínicos obtenidos en ambos grupos, tanto al inicio del estudio, comparando los grupos de base, como los resultados obtenidos a los tres, seis y doce meses de la intervención. Los resultados clínicos se han dividido en los apartados dolor, escala de Constant normalizada por edad y sexo, puntuación *Shoulder Score Index* (SSI), y puntuación UCLA.

De la misma manera, en este apartado se analizarán las diferencias entre ambas técnicas en cuanto a la presencia de deformidad del vientre muscular (signo de Popeye), presencia de dolor en la corredera, presencia de espasmos o calambres en el bíceps y la satisfacción percibida por el paciente a los 12 meses.

8.5.1 Dolor

La puntuación subjetiva de dolor percibido por el paciente, analizado mediante la escala visual analógica del dolor (EVA), entre ambas técnicas se refleja en la tabla 52.

De la tabla 52 se desprende la mejoría clínica del parámetro subjetivo “Dolor”, expresado en puntuación mediante la escala EVA, tras la intervención quirúrgica. La mejoría es paulatina y progresiva a lo largo del tiempo. No se ha apreciado diferencia estadística en la progresión del dolor entre las técnicas quirúrgicas empleadas.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Preoperatorio Intervalo de confianza	6,55 ± 1,59 (5,84;7,25) Sig= 0,000	0,32	6,91 ± 1,86 (5,65;8,16) Sig= 0,000	0,51	T= 0,56
3 meses Intervalo de confianza	3,06 ± 2,28 (1,92;4,19) Sig= 0,000	0,22	4,33 ± 2,28 (3,07;5,6) Sig= 0,000	0,89	T= 0,12
6 meses Intervalo de confianza	2,67 ± 2,49 (1,53;3,8) Sig= 0,000	0,43	2,83 ± 2,44 (1,28;4,39) Sig= 0,002	0,96	T= 0,85
12 meses Intervalo de confianza	2 ± 2,65 (0,82;3,18) Sig= 0,002	0,02	3 ± 2,97 (1,2;4,8) Sig= 0,003	0,5	U= 0,28

Tabla 52: Resultados del parámetro clínico "Dolor", expresado en puntuación EVA ± desviación estándar, de ambos grupos en el preoperatorio, a los 3, 6 y 12 meses de la intervención. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student, o su variante no paramétrica U de Mann-Whitney en caso de ausencia de normalidad.

A continuación, se refleja visualmente la evolución del dolor a lo largo del tiempo según la técnica quirúrgica empleada (gráfico 18).

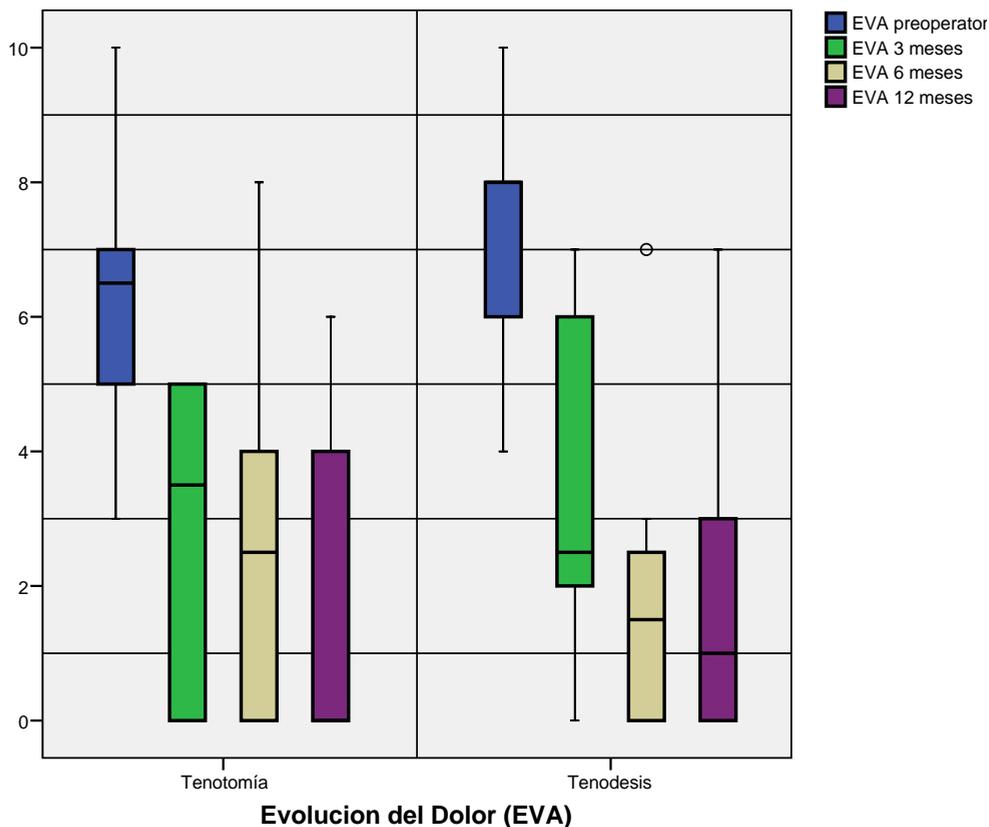


Gráfico 18: Valores del parámetro dolor, según la escala EVA, en el preoperatorio y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

8.5.2 Escalas de Valoración Clínica

En este apartado se van a detallar los resultados obtenidos en las escalas validadas de valoración clínica de funcionalidad del hombro. Estas escalas permiten determinar objetivamente la funcionalidad antes y después de

la intervención quirúrgica. Se han utilizado la Escala de Constant Normalizada, Shoulder Score Index (SSI) y escala UCLA.

8.5.2.1 *Análisis de la puntuación mediante la Escala de Constant Normalizada.*

A continuación, en la tabla 53, se detallan los resultados obtenidos mediante la escala de funcionalidad de hombro de Constant, normalizada por edad y sexo de los pacientes, según la técnica quirúrgica utilizada y su evolución temporal.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Preoperatorio Intervalo de confianza	64,32 ± 15,57 (57,42;71,23) Sig= 0,000	0,25	58,96 ± 15,08 (48,82;69,09) Sig= 0,000	0,53	T= 0,35
3 meses Intervalo de confianza	69,73 ± 15,19 (62,17;77,29) Sig= 0,000	0,97	68,79 ± 15,78 (60,05;77,53) Sig= 0,000	0,47	T= 0,86
6 meses Intervalo de confianza	82,74 ± 12,66 (76,98;88,5) Sig= 0,000	0,86	85,32 ± 10,61 (78,58;92,07) Sig= 0,000	0,93	T= 0,53
12 meses Intervalo de confianza	88,91 ± 10,52 (84,25;93,58) Sig= 0,000	0,47	89,75 ± 12,06 (82,46;97,04) Sig= 0,000	0,49	T= 0,83

Tabla 53: Resultados de la escala de Constant normalizada, expresado en puntuación ± desviación estándar, de ambos grupos en el preoperatorio, a los 3, 6 y 12 meses de la intervención. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

De la tabla 53 se desprende que no existen diferencias estadísticas entre los grupos tenotomía y tenodesis en ningún momento de la evolución postoperatoria, según la escala Constant normalizada por edad y sexo. Es destacable la evolución progresiva de ambos grupos hacia la mejoría, sin estancamientos ni involuciones.

En la gráfica 19 se expresa visualmente la evolución de la puntuación Constant normalizada a lo largo del tiempo de seguimiento. Se expresa según la técnica empleada.

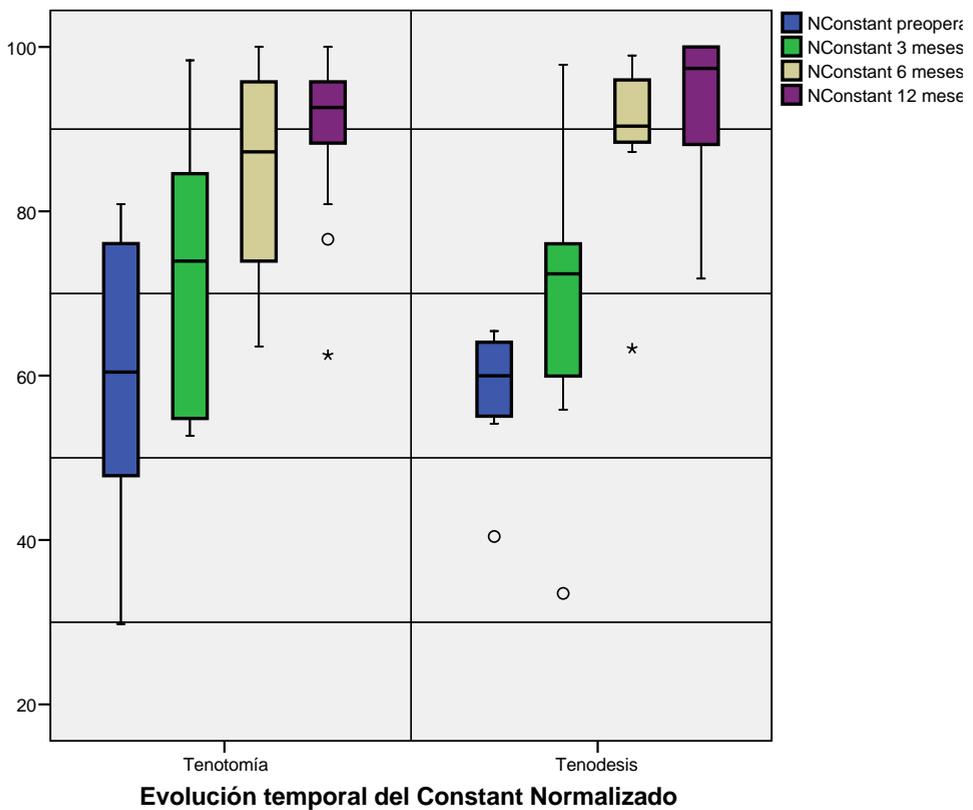


Gráfico 19: Valores de la escala funcional Constant Normalizado, en el preoperatorio y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

8.5.2.2 Análisis de la puntuación mediante el Shoulder Score Index (SSI)

En la tabla 54 se expresan los resultados de la valoración de la funcionalidad del hombro mediante la escala de valoración funcional *Shoulder Score Index (SSI)*, en el preoperatorio y a los tres, seis y doce meses tras la intervención, según la técnica quirúrgica empleada.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Preoperatorio Intervalo de confianza	43,71 ± 15,03 (37,05;50,38) Sig= 0,000	0,92	42,42 ± 15,9 (31,74;53,11) Sig= 0,000	0,83	T= 0,82
3 meses Intervalo de confianza	65,74 ± 18,91 (56,33;75,15) Sig= 0,000	0,64	59,89 ± 19,96 (48,83;70,95) Sig= 0,000	0,95	T= 0,39
6 meses Intervalo de confianza	78,25 ± 17,73 (70,18;86,33) Sig= 0,000	0,67	77,64 ± 19,79 (65,06;90,21) Sig= 0,000	0,74	T= 0,93
12 meses Intervalo de confianza	84,35 ± 17,88 (76,61;92,08) Sig= 0,000	0,12	76,19 ± 21,31 (63,88;88,50) Sig= 0,000	0,53	T= 0,22

Tabla 54: Resultados de la escala Shoulder Score Index (SSI), expresado en puntuación ± desviación estándar, de ambos grupos en el preoperatorio, a los 3, 6 y 12 meses de la intervención. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student.

De la tabla 54 se desprende que no existen diferencias estadísticas entre los grupos tenotomía y tenodesis en ningún momento de la evolución postoperatoria, según la escala SSI.

En el gráfico 20 se expresa visualmente la evolución de la puntuación SSI a lo largo del tiempo de seguimiento. Se expresa según la técnica empleada.

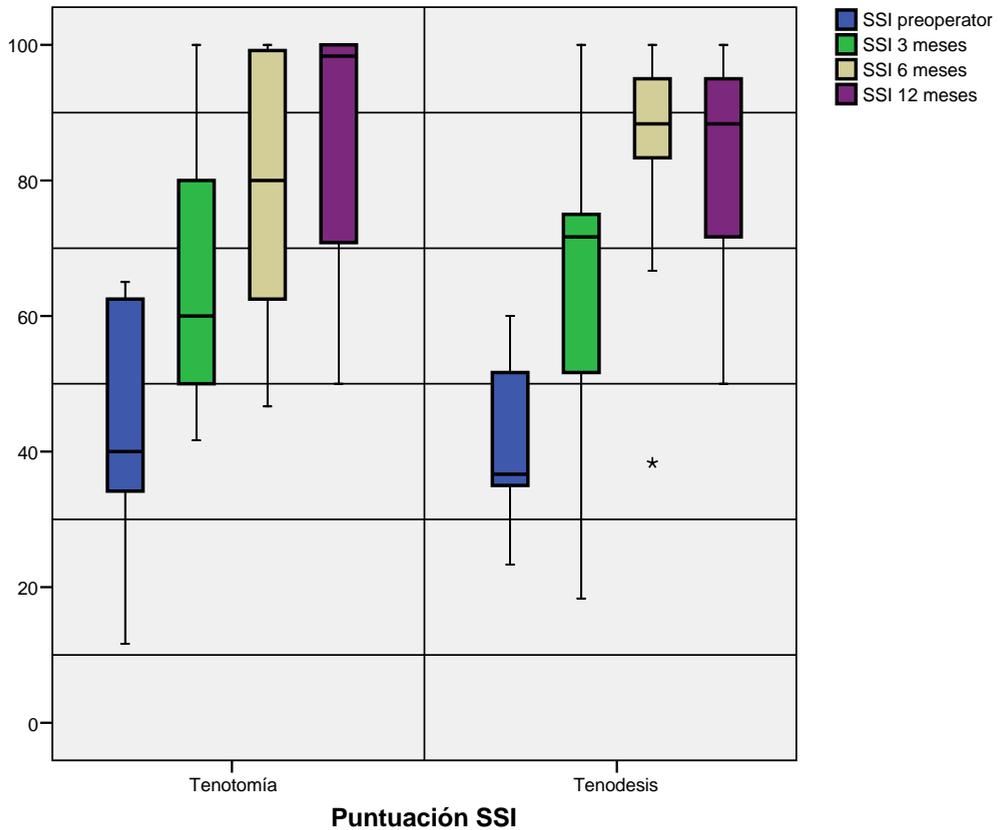


Gráfico 20: Valores de la escala funcional Shoulder Score Index (SSI), en el preoperatorio y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

8.5.2.3 Análisis de la puntuación mediante la Escala UCLA

A continuación, se detallan los resultados obtenidos mediante la escala de funcionalidad de hombro de UCLA, según la técnica quirúrgica utilizada y su evolución temporal (tabla 55).

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Preoperatorio Intervalo de confianza	19,36 ± 4,15 (17,52;21,21) Sig= 0,000	0,68	18,36 ± 5,31 (14,79;21,93) Sig=,000	0,92	T= 0,55
3 meses Intervalo de confianza	27,17 ± 3,86 (25,24;29,09) Sig= 0,000	0,86	27,20 ± 3,46 (25,28;29,12) Sig=,000	0,91	T= 0,98
6 meses Intervalo de confianza	29,38 ± 4,66 (27,26;31,05) Sig= 0,000	0,79	29,58 ± 4,77 (26,55;32,62) Sig=,000	0,49	T= 0,9
12 meses Intervalo de confianza	32,82 ± 9,85 (28,45;37,19) Sig= 0,000	0,005	31,08 ± 4,59 (28,3;33,85) Sig=,000	0,26	U= 0,73

Tabla 55: Resultados de la escala UCLA, expresado en puntuación ± desviación estándar, de ambos grupos en el preoperatorio, a los 3, 6 y 12 meses de la intervención. Se ha expresado además el intervalo de confianza al 95%. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student o su variable no paramétrica U de Mann-Whitney.

De la tabla 55 se desprende que no existen diferencias estadísticas entre los grupos tenotomía y tenodesis en ningún momento de la evolución postoperatoria. La evolución postoperatoria es progresiva de ambos grupos hacia la mejoría.

En el siguiente gráfico se expresa visualmente la evolución de la puntuación UCLA normalizada a lo largo del tiempo de seguimiento (gráfico 21). Se expresa según la técnica empleada.

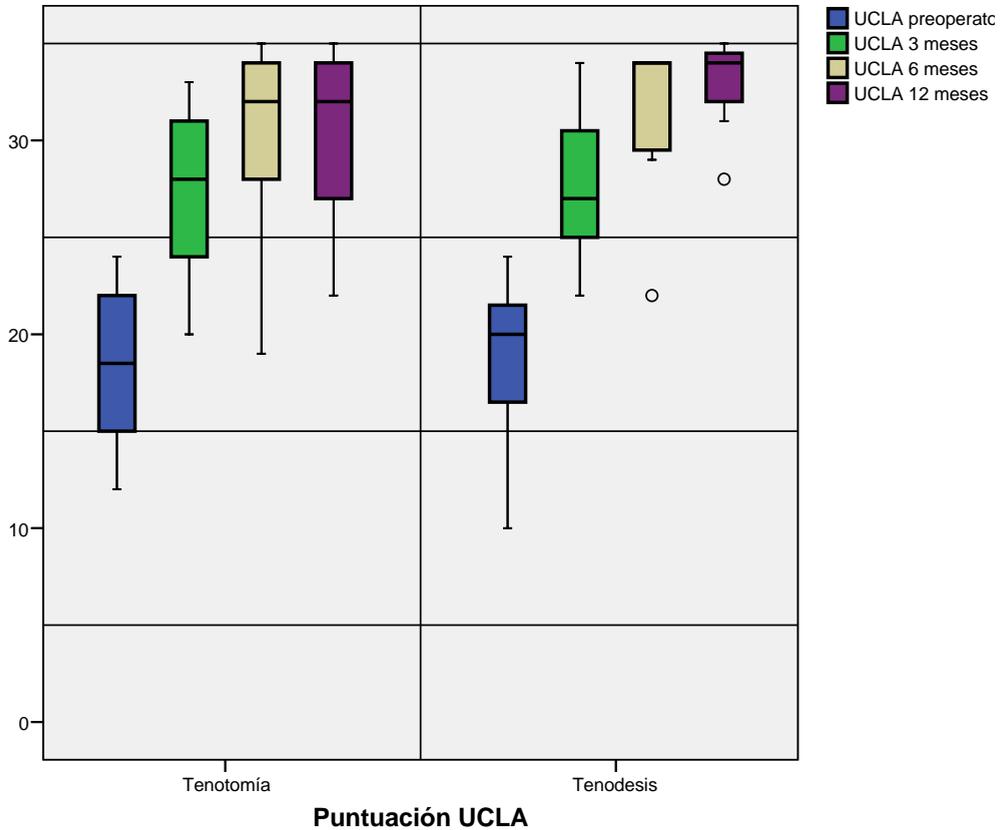


Gráfico 21: Valores de la escala funcional UCLA, en el preoperatorio y a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, según la técnica utilizada. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

8.5.3 Presencia de la Retracción Distal del Vientre Muscular del Bíceps Braquial (Signo de Popeye)

En la siguiente tabla de contingencia (tabla 56), se refleja la presencia de retracción distal del bíceps (signo de Popeye) a los doce meses de la intervención.

Signo de Popeye	Tenotomía		Tenodesis		p
No	10	46,3%	13	86,7%	Fisher= 0,01
Si	13	56,5%	2	13,3%	

Tabla 56: Tabla de contingencia expresando la presencia del Signo de Popeye a los 12 meses de la intervención, y su porcentaje. Se ha realizado el contraste de hipótesis mediante el test no paramétrico exacto de Fisher.

De la tabla 56 se desprende que existe diferencia estadística entre ambas técnicas a los doce meses de la intervención con respecto a la presencia de retracción distal del vientre del bíceps. La presencia del signo de Popeye se aprecia en mayor cuantía en los casos intervenidos mediante la técnica quirúrgica tenotomía (un 56% de los casos).

Los resultados de la biometría del bíceps se expresan en el capítulo 7.6.5.

8.5.4 Presencia de Dolor Residual en la Corredera del Bíceps

En la siguiente tabla de contingencia (tabla 57), se refleja la presencia de dolor residual en la corredera del bíceps a los 12 meses de la intervención.

Dolor corredera	Tenotomía		Tenodesis		p
No	18	81,8%	9	69,3%	Fisher= 0,43
Si	4	18,2%	4	30,7%	

Tabla 57: Tabla de contingencia expresando la presencia de dolor residual en la corredera del bíceps a los 12 meses de la intervención, y su porcentaje. Se ha realizado el contraste de hipótesis mediante el test no paramétrico exacto de Fisher.

El contraste de hipótesis mediante el test exacto de Fischer no ha evidenciado diferencia estadística en cuanto al dolor residual en la corredera del bíceps a los doce meses de la intervención, entre las dos técnicas utilizadas.

8.5.5 Presencia de Calambres Musculares en el Bíceps

En la siguiente tabla de contingencia (tabla 58) se refleja la presencia de calambres musculares en el bíceps (*biceps cramping*) a los doce meses de la intervención.

Calambres	Tenotomía		Tenodesis		p
No	18	85,7%	10	77%	Fisher= 0,65
Si	3	14,3%	3	23%	

Tabla 58: Tabla de contingencia expresando la presencia de calambres musculares del bíceps a los 12 meses de la intervención, y su porcentaje. Se ha realizado el contraste de hipótesis mediante el test no paramétrico exacto de Fisher.

La presencia de calambres musculares en el bíceps a los doce meses de la intervención no ha evidenciado diferencias estadísticas entre ambos grupos.

8.5.6 Satisfacción Percibida por el Paciente

La tabla 59 expresa la satisfacción percibida por el paciente al final del proceso, es decir, a los 12 meses de la intervención. La encuesta recoge la respuesta a la pregunta al paciente “¿está satisfecho con el proceso quirúrgico realizado y los resultados alcanzados?”, siendo la respuesta dicotómica Si/No.

Satisfacción	Tenotomía		Tenodesis		p
No	2	9,1%	0	0%	Fisher=
Si	20	90,9%	12	100%	0,52

Tabla 59: Tabla de contingencia expresando la satisfacción del paciente a los 12 meses de la intervención, y su porcentaje. Se ha realizado el contraste de hipótesis mediante el test no paramétrico exacto de Fisher.

La satisfacción percibida por el paciente es elevada en ambas técnicas (90,9% y 100%), no existiendo diferencias estadísticas entre la técnica utilizada.

8.6 Resultados clínicos y biomecánicos en función de la presencia de deformidad estética

A continuación, se exponen los resultados clínicos y biomecánicos en función de la presencia de deformidad estética (signo de Popeye).

8.6.1 Resultados clínicos y biomecánicos en función de la técnica empleada

Se analizarán los resultados clínicos y biomecánicos de ambas técnicas por separado, en función de la presencia o ausencia de deformidad estética:

8.6.1.1 Resultados clínicos y biomecánicos en el grupo tenotomía según presencia de deformidad estética

A continuación (tabla 60), se detallan los resultados clínicos y biomecánicos en el grupo tenotomía en función de si se aprecia o no descenso del vientre muscular del bíceps (signo de Popeye).

	Ausencia de deformidad estética	KS	Presencia de deformidad estética	KS	p
CVM patol prefatiga 12	235,88 ± 44,69	0,9	254,38 ± 65,48	0,99	T= 0,47
SVM patol prefatiga 12	154,77 ± 53,76	0,9	142,46 ± 60,73	0,96	T= 0,63
Tiempo fatiga patológico	85,55 ± 26,42	0,81	101,84 ± 29,75	0,85	T= 0,2
CVM patol postfatiga 12	191,44 ± 46,12	0,98	218,38 ± 54,47	0,99	T= 0,24
SVM patol postfatiga 12	147 ± 48,64	0,86	130,23 ± 51,60	0,91	T= 0,45
CVM sano prefatiga 12	278,22 ± 50,73	0,96	277,15 ± 83,69	0,66	T= 0,97
SVM sano prefatiga 12	187,77 ± 61,44	0,69	147 ± 63,23	0,72	T= 0,14
Tiempo fatiga Sano 12	104,88 ± 50,53	0,73	112,84 ± 39,89	0,96	T= 0,68
CVM sano postfatiga 12	241 ± 40,63	0,98	242,53 ± 64,64	0,81	T= 0,95
SVM sano postfatiga	178,55 ± 51,16	0,81	134,61 ± 55,50	0,44	T= 0,07
CVM preop-CVM 12m preF	-14,5 ± 49,41	0,97	-69 ± 65,29	0,92	T= 0,057
CVM preop-CVM 12m postF	-7,5 ± 54,20	0,97	- 53,07 ± 50,22	0,99	T= 0,06
CVM 12m/CVM preop preF	1,1 ± 0,21	0,97	1,44 ± 0,39	0,91	T= 0,03
CVM 12m/CVM preop postF	1,13 ± 0,32	0,99	1,42 ± 0,48	0,57	T= 0,14
CVM patol/sano 12m preF	0,85 ± 0,15	0,88	0,93 ± 0,1	0,97	T= 0,21
CVM patol/sano 12m postF	0,79 ± 0,13	0,99	0,91 ± 0,1	0,93	T= 0,03
CVM patol pref12m-CVM patol postF12m (Pérdida CVM)	44,44 ± 20,35	0,45	36 ± 19,13	0,92	T= 0,33
CVMpat postF/preF 12m	0,8 ± 0,1	0,87	0,86 ± 0,06	0,98	T= 0,09
SVM preop-SVM 12m preF	21,75 ± 69,81	0,81	-1,23 ± 62,36	0,99	T= 0,44
SVM preop-SVM 12m postF	12,62 ± 71,4	0,38	15,3 ± 84,22	0,68	T= 0,94

(continua tabla 60)	Ausencia de deformidad estética	KS	Presencia de deformidad estética	KS	p
SVM 12m/SVM preop preF	1,01 ± 0,4	0,94	1,09 ± 0,44	0,76	T= 0,69
SVM 12m/SVM preop postF	1,05 ± 0,33	0,78	1,07 ± 0,5	0,99	T= 0,92
SVM patol/sano 12m preF	0,84 ± 0,22	0,93	1 ± 0,25	0,93	T= 0,14
SVM patol/sano 12m postF	0,82 ± 0,19	0,94	1 ± 0,31	0,41	T= 0,08
SVM patol pref12m-SVM patol postF12m (Pérdida SVM)	7,77 ± 40,80	0,62	12,23 ± 36,63	0,64	T= 0,79
SVMpat postF/preF 12m	0,98 ± 0,3	0,29	0,95 ± 0,21	0,98	T= 0,79
Constant	84,38 ± 14,06	0,9	92,05 ± 5,97	0,89	T= 0,15
UCLA	30,44 ± 2,65	0,99	34,46 ± 12,56	0,02	U= 0,22
SSI	74,83 ± 14,81	0,92	91,67 ± 16,98	0,04	U= 0,004
Dolor EVA	3,11 ± 1,96	0,24	1,23 ± 2,86	0,01	U= 0,037
Cramping	N=1 (11,1%)		N=2 (16,7%)		Fisher= 1
Dolor corredera	N=3 (33,3%)		N=1 (7,7%)		Fisher= 0,26

Tabla 60: Resultados clínicos y biomecánicos en el grupo tenotomía obtenida a los 12 meses de la intervención, expresado en Newtons x metro ± desviación estándar (variables cuantitativas) o número y porcentaje del total (variables cualitativas), en función de la presencia o ausencia de deformidad estética. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student. (variables cuantitativas) o Chi cuadrado (variables cualitativas) o sus respectivos test no paramétricos.

La tabla 60 informa de los resultados clínicos y biomecánicos únicamente en el grupo tenotomía, comparando los resultados en si existe o no deformidad del bíceps, para analizar si la deformidad repercute en la función. Se aprecian diferencias estadísticas en la relación entre los valores de CVM en la diferencia y el cociente con respecto al preoperatorio en el estudio prefatiga, a favor del grupo con deformidad. Es decir, la presencia de signo de Popeye

sugiere una mayor mejoría en CVM con respecto al preoperatorio. En el estudio postfatiga no se ha demostrado diferencias. De la misma manera, el grupo tenotomía con deformidad estética parece alcanzar una mejoría funcional mayor en la valoración de la escala SSI, aunque no la ha demostrado en el resto de escalas funcionales ni en el parámetro dolor.

8.6.1.2 Resultados clínicos y biomecánicos en el grupo tenodesis según presencia de deformidad estética

En la tabla 61 se detallan los resultados clínicos y biomecánicos en el grupo tenodesis en función de si se aprecia o no descenso del vientre muscular del bíceps (signo de Popeye).

	Ausencia de deformidad estética	KS	Presencia de deformidad estética	KS	p
CVM patol priefatiga 12	273,90 ± 58,46	0,95	272,5 ± 86,97	0,99	T= 0,97
SVM patol priefatiga 12	180,630 ± 76,06	0,1	162 ± 56,56	0,99	T= 0,75
Tiempo fatiga patológico 12	125,63 ± 44,44	0,99	105,5 ± 30,40	0,99	T= 0,55
CVM patol postfatiga 12	216,81 ± 67,06	0,9	233 ± 80,61	0,99	T= 0,76
SVM patol postfatiga 12	198,8 ± 79,89	0,72	175,5 ± 6,36	0,99	T= 0,36
CVM sano priefatiga 12	276,63 ± 69,71	0,94	349,5 ± 115,25	0,99	T= 0,23
SVM sano priefatiga 12	201,63 ± 67,21	0,92	216,5 ± 13,43	0,99	T= 0,76
Tiempo fatiga Sano 12	120,45 ± 59,53	0,89	125 ± 12,72	0,99	T= 0,91
CVM sano postfatiga 12	240,09 ± 66,46	0,74	303 ± 80,61	0,99	T= 0,25
SVM sano postfatiga	202,5 ± 72,35	0,8	183 ± 39,59	0,99	T= 0,72
CVM preop-CVM 12m preF	-72,12 ± 69,57	0,87	-108 ± 28,28	0,99	T= 0,51
CVM preop-CVM 12m postF	-55,25 ± 69,24	0,95	-73,5 ± 4,94	0,99	T= 0,73
CVM 12m/CVM preop preF	1,67 ± 1,01	0,39	1,66 ± 0,06	0,99	T= 0,99
CVM 12m/CVM preop postF	1,6 ± 1,02	0,21	1,54 ± 0,32	0,99	T= 0,93

(continua tabla 61)	Ausencia de deformidad estética	KS	Presencia de deformidad estética	KS	p
CVM patol/sano 12m preF	1 ± 0,16	0,57	0,78 ± 0,01	0,99	T=0 ,08
CVM patol/sano 12m postF	0,9 ± 0,16	0,88	0,76 ± 0,06	0,99	T= 0,26
CVM patol pref12m-CVM patol postF12m (Pérdida CVM)	57,09 ± 20,38	0,98	39,5 ± 6,36	0,99	T= 0,26
CVMpat postF/preF 12m	0,77 ± 0,11	0,7	0,85 ± 0,02	0,99	T= 0,38
SVM preop-SVM 12m preF	-65,37 ± 60,23	0,9	-37,5 ± 113,85	0,99	T= 0,62
SVM preop-SVM 12m postF	-90,37 ± 71,16	0,99	-55,5 ± 34,64	0,99	T= 0,53
SVM 12m/SVM preop preF	1,84 ± 1,05	0,69	1,57 ± 1,17	0,99	T= 0,75
SVM 12m/SVM preop postF	2,11 ± 0,98	0,84	1,54 ± 0,48	0,99	T= 0,46
SVM patol/sano 12m preF	0,9 ± 0,29	0,88	0,75 ± 0,3	0,99	T= 0,53
SVM patol/sano 12m postF	0,97 ± 0,16	0,59	0,98 ± 0,34	0,99	T= 0,98
SVM patol pref12m-SVM patol postF12m (Pérdida SVM)	-0,09 ± 39,41	0,28	-12,5 ± 50,20	0,99	T= 0,69
SVMpat postF/preF 12m	0,94 ± 0,34	0,1	1,13 ± 0,35	0,99	T= 0,48
Constant	90,45 ± 11,46	0,62	85,90 ± 19,93	0,99	T= 0,64
UCLA	31,18 ± 4,8	0,34	30,50 ± 3,5	0,99	T= 0,85
SSI	76,39 ± 21,81	0,67	75 ± 25,92	0,99	T= 0,93
Dolor EVA	2,91 ± 2,8	0,71	3,5 ± 4,9	0,99	T= 0,8
Cramping	N=3 (27,3%)		N=0 (0%)		Fisher= 1
Dolor corredera	N=3 (27,3%)		N=1 (50%)		Fisher= 1

Tabla 61: Resultados clínicos y biomecánicos en el grupo tenodesis obtenida a los 12 meses de la intervención, expresado en Newtons x metro ± desviación estándar (variables cuantitativas) o número y porcentaje del total (variables cualitativas), en función de la presencia o ausencia de deformidad estética. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student (variables cuantitativas) o Chi cuadrado (variables cualitativas) o sus respectivos test no paramétricos.

La tabla 61 informa de los resultados clínicos y biomecánicos únicamente en el grupo tenodesis, comparando los resultados en si existe o no deformidad del bíceps, para analizar si la deformidad repercute en la función. No se aprecian diferencias estadísticas en función de la presencia de deformidad.

8.6.2 Resultados clínicos y biomecánicos en función de la presencia de deformidad estética

Se analizan, en la tabla 62, los resultados clínicos y biomecánicos de ambas técnicas juntas (todo el volumen de la muestra), en función de la presencia o ausencia de deformidad estética.

	Ausencia de deformidad estética	KS	Presencia de deformidad estética	KS	p
CVM patol priefatiga 12	256,8 ± 54,92	0,89	256,8 ± 65,24	0,9	T= 1
SVM patol priefatiga 12	169 ± 66,6	0,97	145,06 ± 58,62	0,86	T= 0,27
Tiempo fatiga patológico 12	107,6 ± 41,85	0,87	102,33 ± 28,79	0,75	T= 0,67
CVM patol postfatiga 12	205,4 ± 58,57	0,78	220,33 ± 55,08	0,91	T= 0,44
SVM patol postfatiga 12	174,26 ± 70,35	0,97	136,13 ± 50,27	0,98	T= 0,08
CVM sano priefatiga 12	277,35 ± 60,35	0,84	286,8 ± 87,18	0,63	T= 0,7
SVM sano priefatiga 12	195,4 ± 63,38	0,69	156,26 ± 63,54	0,84	T= 0,08
Tiempo fatiga Sano 12	113,45 ± 54,8	0,46	114,46 ± 37,34	0,98	T= 0,95
CVM sano postfatiga 12	240,5 ± 54,95	0,78	250,6 ± 67,07	0,9	T= 0,62
SVM sano postfatiga	191,15 ± 62,7	0,98	141,06 ± 55,15	0,62	T= 0,02
CVM preop-CVM 12m preF	-43,31 ± 65,45	0,54	-74,2 ± 62,44	0,98	T= 0,19
CVM preop-CVM 12m postF	-31,37 ± 64,93	0,85	-55,8 ± 47,06	0,99	T= 0,24
CVM 12m/CVM preop preF	1,38 ± 0,76	0,05	1,47 ± 0,37	0,96	U= 0,15
CVM 12m/CVM preop postF	1,37 ± 0,77	0,08	1,44 ± 0,45	0,63	T= 0,76
CVM patol/sano 12m preF	0,94 ± 0,17	0,84	0,91 ± 0,11	0,96	T= 0,57
CVM patol/sano 12m postF	0,85 ± 0,16	0,99	0,890 ± 0,11	0,95	T= 0,47

(continua tabla 62)	Ausencia de deformidad estética	KS	Presencia de deformidad estética	KS	p
CVM patol pref12m-CVM patol postF12m (Pérdida CVM0)	51,4 ± 20,85	0,47	36,46 ± 17,83	0,94	T= 0,03
CVMpat postF/preF 12m	0,79 ± 0,09	0,92	0,86 ± 0,06	0,94	T= 0,02
SVM preop-SVM 12m preF	-21,81 ± 77,41	0,91	-6,06 ± 66,49	0,99	T= 0,55
SVM preop-SVM 12m postF	-38,87 ± 87,01	0,52	5,86 ± 82,37	0,62	T= 0,15
SVM 12m/SVM preop preF	1,42 ± 0,88	0,44	1,15 ± 0,54	0,62	T= 0,31
SVM 12m/SVM preop postF	1,58 ± 0,89	0,43	1,13 ± 0,51	0,99	T= 0,10
SVM patol/sano 12m preF	0,87 ± 0,25	0,73	0,97 ± 0,26	0,85	T= 0,3
SVM patol/sano 12m postF	0,9 ± 0,19	0,47	1,03 ± 0,29	0,32	T= 0,14
SVM patol pref12m-SVM patol postF12m (Pérdida SVM)	3,45 ± 39,17	0,31	8,93 ± 37,49	0,91	T= 0,67
SVMpat postF/preF 12m	0,96 ± 0,32	0,26	0,98 ± 0,23	0,93	T= 0,86
Constant	87,72 ± 12,73	0,62	91,23 ± 7,97	0,76	T= 0,32
UCLA	30,85 ± 3,96	0,71	33,93 ± 11,75	0,01	U= 0,62
SSI	75,68 ± 18,54	0,85	89,44 ± 18,15	0,09	T= 0,03
Dolor EVA	3 ± 2,42	0,34	1,53 ± 3,06	0,00	U= 0,053
Cramping	N=4 (20%)		N=2 (14,28%)		Fisher= 1
Dolor corredera	N=6 (30%)		N=2 (13,3%)		Fisher= 0,4

Tabla 62: Resultados clínicos y biomecánicos en el global de los pacientes (toda la muestra) obtenida a los 12 meses de la intervención, expresado en Newtons x metro ± desviación estándar (variables cuantitativas) o número y porcentaje del total (variables cualitativas), en función de la presencia o ausencia de deformidad estética. Se ha comprobado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student (variables cuantitativas) o Chi cuadrado (variables cualitativas) o sus respectivos test no paramétricos.

La tabla 62 informa de los resultados clínicos y biomecánicos en el total de la muestra (grupos tenotomía y tenodesis juntos), comparando los resultados en si existe o no deformidad del bíceps, para analizar si la deformidad repercute en la función. Se aprecian diferencias estadísticas en la pérdida de la capacidad de CVM tras el test de la fatiga (diferencia en CVM antes y después de test de fatiga), expresado como diferencia de ambos valores y también cuando se expresa como cociente.

8.6.3 Satisfacción percibida por el paciente en función de la presencia de deformidad estética

8.6.3.1 Satisfacción en el grupo tenotomía en función de la presencia de deformidad estética

Los resultados de la encuesta de satisfacción percibida por el paciente en función de la presencia o ausencia de descenso del vientre muscular del bíceps, en el grupo tenotomía se presentan en la tabla 63.

Satisfacción	Popeye		No Popeye		p
No	2	15,4%	0	0%	Fisher= 0,49
Si	11	84,6%	9	100%	

Tabla 63: Tabla de contingencia expresando la satisfacción del paciente en función de la presencia de deformidad estética, en el grupo tenotomía a los 12 meses de la intervención, y su porcentaje. Se ha realizado el contraste de hipótesis mediante el test no paramétrico exacto de Fisher.

La tabla 63 sugiere que la presencia de la deformidad estética no afecta para la satisfacción final por parte del paciente en el grupo tenotomía.

8.6.3.2 Satisfacción en el grupo tenodesis en función de la presencia de deformidad estética.

A continuación, en la tabla 64, se presentan los resultados de la encuesta de satisfacción percibida por el paciente en función de la presencia o ausencia de deformidad estética del bíceps, en el grupo tenodesis.

Satisfacción	Popeye		No Popeye		p
No	0	0%	0	0%	*
Si	2	100%	10	100%	

Tabla 64: Tabla de contingencia expresando la satisfacción del paciente en función de la presencia de deformidad estética, en el grupo tenodesis, a los 12 meses de la intervención, y su porcentaje. No se ha realizado el contraste de hipótesis al ser la satisfacción una constante.

La tabla 64 muestra una satisfacción unánime en todos los casos intervenidos mediante tenodesis de la PLB, tanto en presencia como en ausencia de deformidad estética.

8.6.3.3 Satisfacción en el global de la muestra en función de la presencia de deformidad estética.

En la tabla 65 se detallan los resultados de la encuesta de satisfacción percibida por el paciente en función de la presencia o ausencia de deformidad estética del bíceps, en el global de la muestra (ambos grupos tenotomía y tenodesis incluidos).

Satisfacción	Popeye		No Popeye		p
No	2	13,3%	0	0%	Fisher= 0,1
Sí	13	86,6%	19	100%	

Tabla 65: Tabla de contingencia expresando la satisfacción del paciente en función de la presencia de deformidad estética, en el global de la muestra, a los 12 meses de la intervención, y su porcentaje. Se ha realizado el contraste de hipótesis mediante el test no paramétrico exacto de Fisher.

La tabla 65 no haya diferencias en la satisfacción percibida por el paciente en el global de la muestra en función de la presencia de deformidad estética.

8.6.4 Percepción de la deformidad estética por parte del paciente

A continuación, en la tabla 66, se detalla la percepción de la deformidad estética por parte del paciente, es decir, en los casos de deformidad estética constatada por el explorador a los 12 meses (15 casos), el paciente responde a la pregunta ¿Se había dado Ud. cuenta de la alteración de la forma de su bíceps? A la que el paciente respondía la dicotómica Sí/No.

Percepción por el paciente	
No	11 (73,3%)
Sí	4 (26,7%)
Total	15 (100%)

Tabla 66: percepción de la deformidad estética por parte del paciente en los casos de deformidad constatada por el explorador. Se muestra el número absoluto y porcentaje del total de casos con deformidad.

La tabla 66 evidencia que únicamente el 26,7% de los pacientes con deformidad estética (determinada ésta por el explorador) se había percatado de dicha deformidad.

8.6.5 Objetivación de la deformidad. Datos biométricos del bíceps

Se presentan a continuación, en las tablas 67 y 68, los resultados en los hallazgos de la biometría del bíceps: perímetro bicipital en reposo y contracción, distancia olecranon-ápex (distancia del olécranon hasta la perpendicular del punto de mayor volumen del bíceps, método que se detalla en el apartado 6.3.5.1.) y cambios tras la intervención quirúrgica. En el gráfico 22 se representa la diferencia de la distancia ápex-olécranon entre brazo intervenido y sano a los 12 meses, en función de la presencia de deformidad estética.

8.6.5.1 *Datos biométricos en función de la técnica empleada*

La tabla 67 aporta resultados sobre la biometría del bíceps entre los grupos tenotomía y tenodesis. Apréciase la diferencia estadística entre grupos en cuanto a volumen del brazo con respecto al sano, tanto en contracción como en reposo. También se aprecian diferencias entre grupos de la distancia ápex-olécranon y la diferencia de esta distancia con respecto al brazo sano.

	Tenotomía	KS	Tenodesis	KS	p
Perímetro brazo sano en reposo	31,68 ± 3,37	0,09	31,5 ± 2,65	0,91	T= 0,87
Perímetro brazo sano en contracción	34,18 ± 3,38	0,2	33,68 ± 2,49	0,95	T= 0,66
Perímetro brazo patológico 12 meses en reposo	30,29 ± 3,23	0,33	31,07 ± 2,60	0,91	T= 0,46
Perímetro brazo patológico 12 meses en contracción	33,43 ± 3	0,38	33,96 ± 2,86	0,79	T= 0,61
Disminución perímetro brazo operado con respecto al sano en reposo	1,92 ± 2,15	0,18	-2,2 ± 8,41	0,03	U= 0,03
Disminución perímetro brazo operado con respecto al sano en contracción	1,21 ± 2,19	0,33	-3,2 ± 8,6	0,03	U= 0,008
Distancia ápex-olecranon sano	17,29 ± 2,4	0,04	16,9 ± 0,8	0,1	U= 0,66
Distancia ápex-olecranon patológico preop	16,97 ± 2,51	0,04	17 ± 0,9	0,11	U= 0,48
Distancia ápex-olecranon patológico 12m	15,42 ± 1,18	0,61	16,46 ± 0,9	0,61	T= 0,01
Disminución distancia ápex olecranon sano-patol	1,64 ± 1	0,62	0,3 ± 0,94	0,91	T= 0,001
Disminución distancia ápex olecranon preop-postop	1,23 ± 1	0,94	0,85 ± 0,91	0,94	T= 0,35

Tabla 67: Resultados de los datos biométricos del bíceps, expresado en centímetros ± desviación estándar, de ambos grupos tenotomía y tenodesis. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student o su variable no paramétrica U de Mann-Whitney.

8.6.5.2 Datos biométricos en función de la deformidad estética

	No Popeye	KS	Popeye	KS	p
Perímetro brazo sano en reposo	31,27 ± 2,8 IC (29,88;32,67)	0,63	32,03 ± 3,49 IC (30;33,69)	0,18	T= 0,49
Perímetro brazo sano en contracción	33,63 ± 2,86 IC (32,21;35,06)	0,8	34,46 ± 3,37 IC (32,59;36,33)	0,23	T= 0,45
Perímetro patológico 12 m (en reposo)	31,22 ± 3,18 IC (29,73;32,71)	0,98	29,73 ± 2,6 IC (28,29;31,17)	0,51	T= 0,14
Perímetro patológico 12 m (contracción)	33,92 ± 3,17 IC (32,44;35,4)	0,99	33,23 ± 2,59 IC (31,79;34,67)	0,57	T= 0,49
Diferencia perímetro brazo operado-sano reposo	-1 ± 6,7 IC (-4,6;2,61)	0,004	2,3 ± 2,27 IC (1,04;3,55)	0,69	U= 0,03
Diferencia perímetro brazo operado-sano en contracción	-1,56 ± 7,06 IC (-5,32;2,2)	0,009	1,23 ± 2,47 IC (-0,13;2,6)	0,72	U= 0,009
Distancia ápex-olécranon sano	16,83 ± 1,05 IC (16,3;17,35)	0,14	17,56 ± 2,75 IC (16,04;19,09)	0,03	U= 0,65
Distancia ápex-olécranon patol preop	16,72 ± 1,1 IC (16,17;17,26)	0,48	17,36 ± 2,88 IC (15,76;18,96)	0,055	T= 0,38
Distancia ápex-olécranon patol 12m	16,25 ± 1,3 IC (15,64;16,85)	0,25	15,21 ± 0,64 IC (14,84;15,58)	0,61	T= 0,005
Disminución dist ápex olecranon sano-patol	0,42 ± 1,01 IC (-0,05;0,9)	0,49	2,14 ± 0,63 IC (1,77;2,5)	0,54	T= 0,00
Disminución dist ápex olecranon preop-postop	0,81 ± 1,01 IC (0,27;1,35)	0,62	1,46 ± 0,98 IC (0,86;2,05)	0,56	T= 0,09

Tabla 68: Resultados de los datos biométricos del bíceps, expresado en centímetros ± desviación estándar, en función de la presencia o ausencia de deformidad estética. Se detalla también el intervalo de confianza al 95%. Se ha analizado la normalidad de los datos mediante el test Kolmogórov-Smirnov (KS) y analizado el contraste de hipótesis mediante el test T-Student o su variable no paramétrica U de Mann-Whitney.

La tabla 68 aporta información sobre los datos biométricos de toda la muestra en relación a la presencia o ausencia de deformidad estética. Se evidencian diferencias en cuanto a la disminución del volumen del brazo intervenido, presentando valores negativos en el grupo sin deformidad (hipertrofia) y valores negativos (atrofia) en el grupo con deformidad. Como es lógico, también se aprecian diferencias estadísticas en cuanto a la distancia media ápex-olécranon y con la relación entre esta medida con respecto al brazo sano. En este último parámetro hay que remarcar la importancia del dato del intervalo de confianza, necesario para justificar la validez del sistema de medida para objetivar la presencia de deformidad estética. Esto se discutirá en el apartado 8.8.5.

En el gráfico 22 se expresa la distribución de los valores de la diferencia de la distancia ápex-olécranon con respecto al brazo sano entre los grupos con presencia o ausencia de deformidad estética.

Apréciase en el gráfico 22 la diferencia de la distancia ápex-olécranon entre brazo intervenido y el sano entre los grupos tenotomía y tenodesis. En ella podemos apreciar la distribución de los valores y la ausencia del solapamiento entre el valor máximo del grupo sin deformidad con respecto al valor mínimo del grupo con presencia de deformidad.

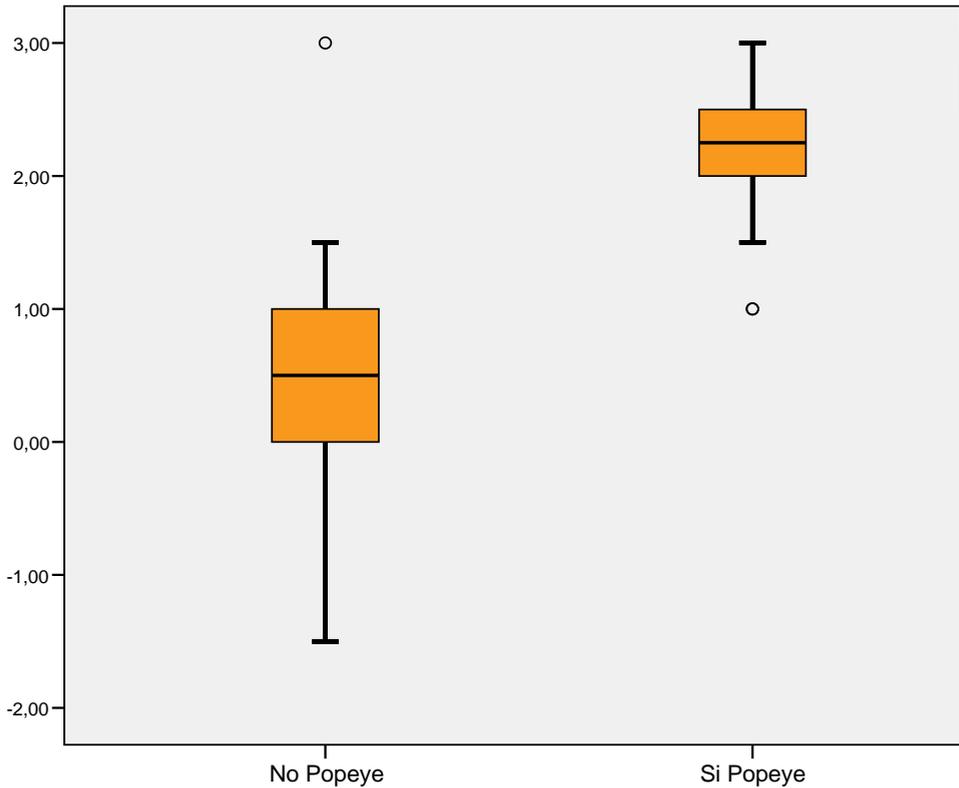


Gráfico 22: Representación de la diferencia de la distancia ápex-olécranon entre brazo intervenido y sano a los 12 meses, en función de la presencia de deformidad estética. Se expresa en forma de diagrama de cajas y bigotes, donde la línea central de la caja muestra el valor de la mediana; los límites inferior y superior de la caja, los cuartiles 1 (25%) y 3 (75%); y los bigotes, los valores máximo y mínimo.

8.7 Complicaciones y reintervenciones

Se detallan a continuación, en la tabla 69, los casos de complicaciones en función de la técnica quirúrgica empleada.

En el grupo tenotomía:

- 1 caso de infección profunda que requirió dos desbridamientos quirúrgicos mediante abordaje deltopectoral hasta la resolución.
- 1 caso de neumotórax por la realización del bloqueo cervical anestésico, con resolución espontánea.

Complicación	Tenotomía		Tenodesis		P
No	21	91,3%	15	100%	Fisher= 0,5
Sí	2	8,7%	0	0%	

Tabla 69: Tabla de contingencia expresando el número complicaciones postoperatorias en función de la técnica quirúrgica, y su porcentaje del total. Se ha realizado el contraste de hipótesis mediante el test no paramétrico exacto de Fisher.

Pese a la presencia de dos casos de complicación en el grupo tenotomía, la tabla 69 nos muestra la ausencia de significación estadística, por lo que podemos afirmar que no existen diferencias en cuanto a la presencia de complicaciones postoperatorias.

Discusión

9 Discusión

9.1 Fatiga

9.1.1 Fatiga y modelos para analizarla

Los resultados obtenidos en el parámetro principal de este estudio, el tiempo de fatiga, han revelado diferencias estadísticas entre la tenotomía y tenodesis a los 12 meses de la intervención. En el grupo tenotomía, el tiempo de fatiga a los 12 meses es de $95,18 \pm 28,96$ s, mientras que en el grupo tenodesis es de $122,53 \pm 42,19$ s (ver tabla 9). Es decir, el grupo intervenido mediante tenotomía se fatiga antes en una contracción isométrica que el grupo tenodesis. Todo ello partiendo de una situación prequirúrgica sin diferencias estadísticas entre ambos grupos.

A continuación, se discutirán los resultados de los diversos autores que han precedido en el estudio de la fatiga, en función de su método de medición de la misma.

9.1.1.1 *Modelo de test fatigante con mancuernas*

En la bibliografía existen diversas formas de reproducir de manera controlada la fatiga del bíceps. Algunos autores han hecho una aproximación al estudio de la fatiga, con una medición indirecta de la misma, mediante el uso de mancuernas de 10 libras. En su estudio retrospectivo, Kelly *et al.*²⁴ describen los hallazgos obtenidos dos años tras la realización de la tenotomía de la PLB, donde apreciaron diferencias estadísticas entre el número de elevaciones de mancuernas hasta la claudicación entre el brazo intervenido (32,3 repeticiones) y el sano (34,5 repeticiones).

De una manera similar, Drakos *et al.*⁶¹ analizaron el resultado del test fatigante con pesas tras dos años de la realización de transferencia de la PLB al tendón conjunto (que se podría considerar como tenodesis a partes blandas), comparándolo con el brazo sano. En su estudio apreciaron una media de 33,2 repeticiones en el brazo intervenido, en comparación con las 34,3 repeticiones del brazo sano, no hallando diferencias estadísticas entre ambos.

En un estudio más centrado en la biomecánica, Friedman *et al.*⁶⁰ analizaron retrospectivamente los resultados tras la realización de tenotomía o tenodesis de la PLB. En su estudio analizaron la fuerza de flexión y supinación antes y después de un test fatigante, consistiendo éste en elevaciones de mancuernas de 10 libras hasta la claudicación. El autor se centra en la diferencia entre los valores de fuerza pico de flexión y supinación antes y después del ejercicio fatigante, pero no aporta datos en relación al número de elevaciones hasta la claudicación, por lo que se puede decir que no se centra en el estudio mismo del ejercicio fatigante, sino en las consecuencias de la fatiga como diferencia de las fuerzas pico antes y después del ejercicio.

El hecho de utilizar las elevaciones de mancuernas para la realización del test fatigante es una manera fácil y accesible para el estudio biomecánico, pero no está exento de posibles sesgos. En ninguno de los artículos citados se informa del tiempo que los sujetos tuvieron para la realización del test fatigante ni de la frecuencia de los ciclos del levantamiento de las pesas. Si no se informa de la frecuencia de las elevaciones, se puede estar comparando la fatiga obtenida por un sujeto que ha realizado 32 elevaciones en 30 segundos con otro que las ha realizado en un minuto. Como ya se ha detallado en el capítulo de introducción, la ruta metabólica para la obtención de la energía hasta la fatiga podría pasar de la anaeróbica a la aeróbica, incurriendo en sesgo. Por otro lado, el estudio de las elevaciones como ejercicio fatigante no informa del tiempo de claudicación, sino de una consecuencia de la fatiga que es la imposibilidad de continuar realizando elevaciones. En los estudios consultados, tampoco se informa de la posición del antebrazo durante las elevaciones de la pesa.

El hecho de utilizar mancuernas de 10 libras, aunque elegido de manera arbitraria, ayuda a homogeneizar el estudio entre los diversos autores, pero ello puede llevar también a cometer sesgo. Utilizar una mancuerna similar para todo tipo de pacientes puede hacer comparar los resultados obtenidos entre un sujeto de 100 kg de peso corporal, con los resultados de otro de 50 kg. La realización de 32 elevaciones del primer sujeto no sería equiparable a la realización de 32 elevaciones del segundo, por lo que estaríamos obviando una diferencia pese a que el número de elevaciones es idéntica. En este método de estudio del ejercicio fatigante no se tiene en cuenta la situación de base del paciente en concreto. En los estudios que comparan el brazo intervenido con el sano, este sesgo se minimiza porque el brazo sano actúa como control pareado, pero si se pretende comparar sujetos diferentes, debería tenerse en cuenta posibles variables de confusión al analizar los grupos de base (como el peso o el índice de actividad física), o bien realizando una ratio entre el brazo intervenido y el sano y presentando el resultado en tanto por uno.

9.1.1.2 Modelo de test fatigante mediante contracción isométrica porcentual

Otro método para inducir de manera controlada la fatiga del bíceps es mediante la contracción isométrica del mismo. Este método ya ha sido utilizado con anterioridad en la bibliografía en estudios básicos^{3,37,55-58}. Consiste en determinar la contracción isométrica máxima en flexión de 90° del codo y en función de ella, realizar una contracción isométrica submáxima durante el tiempo que el sujeto es capaz de mantener la contracción hasta la claudicación.

Hunter *et al.*⁵⁵⁻⁵⁷ analizaron las diferencias biomecánicas en la flexión del codo entre sexos utilizando este test fatigante en sus tres artículos, empleando como contracción submáxima el 20% de la CVM medida

previamente. Utiliza como objetivo primario del estudio el tiempo de fatiga del bíceps (tiempo hasta claudicación del brazo).

Seghers *et al.*³ utilizaron el mismo test fatigante, pero con una carga de fatiga del 25% de la CVM. Utilizaron simultáneamente un registro electromiográfico para analizar la fatiga en pacientes ancianos. En su artículo explican que la posición del antebrazo durante el test fatigante es importante, dado que influye en la actividad flexora de la musculatura del codo.

Bilodeau *et al.*³⁷ utilizaron el test fatigante con una carga de fatiga al 35% de la CVM medida previamente. En su estudio analizaron las diferencias en la fatiga de la musculatura flexora del codo entre pacientes jóvenes y ancianos, ayudados de estudio electromiográfico. Explicaron en su artículo los cambios fisiológicos del envejecimiento y los cambios en la fibra muscular.

En el presente estudio se ha realizado el test fatigante que se describe en el capítulo 6.3.1.1. De manera similar a los estudios de Hunter *et al.*⁵⁵⁻⁵⁷, se establece la contracción voluntaria máxima (CVM) mediante una contracción isométrica del codo a 90° en supinación del antebrazo, realizando tres contracciones y eligiendo el parámetro máximo como CVM. Según los estudios sobre la fatiga del bíceps de Seghers *et al.*³, basándose en estudios electromiográficos, la posición de máxima actividad del bíceps es con el codo a 90° de flexión y con el antebrazo en supinación máxima, maximizando de esta manera la actividad del bíceps frente al resto de músculos flexores del codo. Es por ello que en el presente estudio se han realizado las determinaciones puntuales de fuerza y el test fatigante en esta posición.

En base al parámetro de CVM se ha calculado la carga fatigante, al 33% de la CVM, por ser éste un porcentaje óptimo para estudiar el fallo de la propagación neuromuscular, como pudieron apreciar Fuglevand *et al.*⁵⁹. El final del test se establece cuando el paciente claudica completamente o cuando la fuerza de contracción cae por debajo del 10% del valor objetivo durante más de cinco segundos, a pesar de los ánimos del examinador.

Las determinaciones de CVM y SVM tras el test fatigante (determinaciones postfatiga) se han realizado dentro de los diez segundos tras la claudicación del test fatigante. Esta determinación se realiza de manera similar a los estudios de Hunter *et al.*⁵⁵⁻⁵⁷.

9.1.2 Cambios adaptativos y evolución temporal

Como puede apreciarse en las tablas 6 a la 9 y en el gráfico 1, la evolución cronológica del tiempo de fatiga aparenta ser una línea descendente en el caso del grupo tenotomía, partiendo de valores de $139,1 \pm 71,6$ s en el preoperatorio y obteniendo valores de $112,5 \pm 55,03$ s a los tres meses, $113,14 \pm 42,94$ s a los seis meses y $95,18 \pm 28,96$ s a los doce meses.

Como se ha demostrado en la bibliografía, se producen una serie de cambios adaptativos tras la pérdida de la relación longitud-tensión del bíceps, con hipertrofia del resto de la musculatura flexosupinadora²², que le confieren a la tenotomía una funcionalidad y resultado clínico buenos⁸⁷, pese a la pérdida de la fuerza pico en flexión y supinación²². Ningún estudio previo se ha centrado en el tiempo de fatiga como parámetro de estudio, pero nuestros resultados en el grupo tenotomía, con seguimiento de un año, induce a pensar que los cambios adaptativos no compensan lo suficiente. Es más, conforme se avanza cronológicamente, el tiempo de fatiga es menor.

El empeoramiento progresivo del tiempo de fatiga puede hacernos pensar que éste se ve limitado por el dolor en la realización del ejercicio. En el presente estudio se ha podido comprobar que no es así, dado que la evolución del parámetro clínico dolor (tabla 52), es hacia la progresiva mejoría.

En el caso del grupo tenodesis (tablas 6 a la 9), la evolución del tiempo de fatiga parte de $137,6 \pm 99,2$ s en el preoperatorio, y alcanza valores de $156,86 \pm 72,01$ s a los tres meses, $143,08 \pm 86,17$ s a los seis meses y

122,53±42,19 s a los doce meses. En el gráfico de evolución temporal (gráfico 1) podemos apreciar unos valores máximos a los tres meses, que progresivamente disminuyen hasta el año, pero a un ritmo menor que en el grupo tenotomía. Es a los doce meses cuando ambos resultados alcanzan la significación estadística.

Hunter *et al.*⁵⁵, en su estudio en pacientes sanos, apreciaron una contracción voluntaria máxima en flexión mayor en pacientes varones, mientras que el tiempo de fatiga fue mayor en mujeres. Este hallazgo, los autores lo explican porque, de manera similar al presente estudio, el test fatigante se realiza manteniendo la contracción isométrica a un porcentaje de la fuerza máxima de flexión. Los pacientes varones en el estudio mencionado obtuvieron puntuaciones de fuerza pico de flexión mucho más elevadas, por lo que el test fatigante requirió mantener fuerzas isométricas hasta claudicación mucho mayores que en el grupo femenino, llevando al grupo masculino a claudicar antes porque la fuerza fatigante a mantener era mayor.

En el presente estudio, la evolución de la CVM ha ido gradualmente incrementándose a lo largo del tiempo (ver tablas 23 y 24 y gráfico 8), superando incluso los valores preoperatorios en ambos grupos. Esto puede justificar el descenso gradual del tiempo de fatiga, dado que la fuerza fatigante a vencer también ha ido incrementándose según avanzaba el postoperatorio. Como se analiza en el capítulo 7.3, es cierto que la CVM prefatiga (referencia para el cálculo de la fuerza fatigante) ha ido avanzando progresivamente, pero esta diferencia no ha sido significativa entre los grupos en ningún momento; sin embargo, el descenso del tiempo de fatiga sí ha logrado encontrar diferencias entre ambos grupos de estudio a los doce meses.

Si se tiene en cuenta los valores del tiempo de fatiga con respecto al preoperatorio, bien como resta entre ambos valores, bien como cociente entre ambos, se pueden apreciar diferencias estadísticas entre ambos grupos únicamente a los doce meses.

En el caso de la diferencia (tiempo de fatiga preoperatorio menos tiempo de fatiga a los 12 meses), el descenso es de $41,09 \pm 64,84$ s en el caso del grupo tenotomía; es decir, se fatiga una media de 41 segundos antes a los doce meses que en el preoperatorio; mientras que en el grupo tenodesis el valor es negativo ($-11 \pm 45,74$), es decir, se fatiga menos a los doce meses de la intervención que en el preoperatorio. Considerando el tiempo de fatiga, este dato se presenta a favor de la realización de la tenodesis.

En el caso del cociente o ratio (tiempo de fatiga a los 12 meses dividido entre el tiempo de fatiga preoperatorio) los resultados se expresan en tanto por uno, obteniendo resultados de $0,97 \pm 0,85$ en el grupo tenotomía (empeora el resultado con respecto al preoperatorio) y de $1,29 \pm 0,50$ en el grupo tenodesis (mejora tras la intervención).

9.2 Fuerza de flexión

Según la bibliografía, es previsible un descenso de la fuerza de contracción en flexión del codo de entre un 4,4% y un 14%^{21,22,99,106} tras la realización de tenotomía de la PLB, y de entre un 8% y un 13,5%^{25,26,106} al realizar tenodesis, aunque otros autores no han apreciado diferencias^{21,26,85}.

En un estudio a largo plazo, The *et al.*²² apreciaron un descenso de un 7% en la fuerza pico de flexión del brazo tenotomizado con respecto al brazo sano, con una disminución del trabajo total realizado de un 5%. Al haber realizado las mediciones con un dinamómetro isocinético, informaban de que los grupos musculares compensatorios contribuyen de manera importante en los últimos grados del rango de movimiento.

Lim *et al.*⁹⁹ apreciaron en su estudio que existía una pérdida de fuerza en el brazo donde se había practicado la tenotomía en un 45% de los pacientes, con una ratio del 95,6%, es decir, una pérdida del 4,4% en el brazo intervenido.

En el artículo publicado por De Carli *et al.*¹⁰⁶, pese a que no especifica el modelo de dinamómetro empleado, apreciaron un descenso del 13,5% de la fuerza de flexión cuando se realiza tenodesis, comparable al descenso del 13,9% que apreciaron en los casos donde se realizó tenotomía.

En el presente estudio hemos apreciado una evolución de la CVM, tanto prefatiga como postfatiga, que se detalla en las tablas 23 y 24, y en el gráfico 8.

Se ha podido apreciar una tendencia al ascenso en la fuerza de CVM en flexión tras la intervención. Esta diferencia no es estadísticamente significativa entre los grupos tenotomía y tenodesis, pero se aprecia un aumento de los valores con respecto al preoperatorio en ambos grupos. En el postoperatorio a los tres meses, el dato de la fuerza de flexión disminuye en ambos grupos, presumiblemente por el período de convalecencia y rehabilitación, pero a los seis y doce meses, los valores en ambos grupos superan los apreciados en el preoperatorio, siendo la mejora de un 27% a los doce meses en el caso de la tenotomía, y de un 41% en el caso de las tenodesis. En el análisis postfatiga, los resultados a doce meses mejoran en un porcentaje inferior: un 18% en las tenotomías y un 27% en las tenodesis.

Analizando el porqué de este incremento tan notable de la capacidad de CVM, cuando en la bibliografía no se evidencia, se puede apreciar que los valores preoperatorios son realmente bajos en el brazo patológico, posiblemente por la limitación dolorosa de la funcionalidad. Si se analizan los datos preoperatorios, el brazo patológico realiza una CVM prefatiga un 24% menor que el brazo sano en el grupo tenotomía, y de un 27% en el grupo tenodesis. Tras 12 meses de la intervención, tanto en el grupo tenotomía como en el grupo tenodesis, los resultados de la CVM prefatiga alcanzan los valores del brazo sano, e incluso la superan.

En la bibliografía consultada, algunos autores no han apreciado la pérdida de la CVM tras la intervención sobre la PLB. Shank *et al.*²¹ realizaron un estudio isocinético para evaluar los resultados tras la realización de tenotomía o tenodesis de la PLB, no hallando diferencias en la CVM entre el

brazo intervenido y el sano en el caso de la tenodesis, aunque apreciaban un descenso de un 13% de la CVM entre el brazo intervenido mediante tenotomía y el sano.

Duff *et al.*⁸⁵, no apreciaron descenso objetivo de la CVM tras la realización de tenotomía, cuando se comparaban con el brazo sano, aunque el 31% de los pacientes intervenidos referían un descenso subjetivo de la fuerza (descenso severo en el 16% de los casos) aunque no se demostró mediante la cuantificación con dinamómetro manual.

Otros autores expresan sus resultados en relación al brazo sano, mediante el índice de fuerza de flexión, es decir, fuerza en brazo patológico, dividido entre fuerza en el brazo sano. Zhang *et al.*²⁶ no hallaron diferencias en el índice de fuerza de flexión entre ambos grupos, pero informaban de un índice de 0,9 en ambos grupos, es decir, un descenso de un 10% en ambos grupos, cuando se comparaba con el brazo sano.

Koh *et al.*²⁵ no evidenciaron diferencias en la fuerza media de flexión, expresada mediante índice, entre los grupos tenotomía o tenodesis. Informaron de un resultado de $0,92 \pm 0,15$ en las tenodesis, y $0,94 \pm 0,19$ en las tenotomías.

Se puede valorar la evolución temporal del índice de fuerza de flexión en el presente estudio en las tablas 10, 13, 17 y 21. De estas tablas se puede concluir que la relación con respecto al brazo sano mejora en ambos grupos tras la intervención sobre la PLB, siendo la mejoría más evidente en el caso de la tenodesis, que llega prácticamente a igualar los resultados a los 12 meses, aunque no se ha demostrado diferencia estadística entre ambos grupos. La evolución temporal postquirúrgica evoluciona positivamente en ambos grupos, tendiendo a igualar los resultados entre el brazo intervenido y el sano, tanto en el estudio pre como en el postfatiga. El proceso de rehabilitación y los cambios adaptativos postquirúrgicos evolucionan positivamente con el tiempo. Parece que la tendencia es mejor en el grupo tenodesis, aunque no alcanza la significación estadística.

Se puede analizar la mejoría de CVM obtenida tras la intervención sobre la PLB y el estado preoperatorio con ayuda de las tablas 23 (prefatiga) y 24 (postfatiga).

En el estudio de la diferencia entre el valor preoperatorio menos el valor postoperatorio, es decir, la pérdida de la capacidad de CVM tras la intervención, se puede apreciar que los valores a los tres meses de la intervención son positivos en ambos grupos en el estudio prefatiga (tabla 12), mientras en los estudios a seis y doce meses, los valores en ambos grupos se negativizan. Esto significa que en el preoperatorio inicial a los tres meses, durante el proceso de rehabilitación, existe una pérdida de la capacidad de CVM, que se corrige en los valores apreciados a partir del sexto mes, tanto en el grupo tenotomía como en el grupo tenodesis. En el estudio postfatiga (tabla 12), llama la atención que el grupo tenodesis ya presenta mejoría de los valores con respecto al preoperatorio a partir del tercer mes, mientras que el grupo tenotomía los hace a partir del sexto mes (tabla 16), aunque no han demostrado diferencias entre los grupos en ningún momento postoperatorio.

De manera similar, en el estudio del cociente entre la CVM postoperatoria entre el valor de referencia preoperatorio, el índice de mejoría de CVM, expresado en las tablas 12, 16 y 20. Se puede apreciar una mejoría en ambos grupos, evidente de manera precoz en el grupo tenodesis (a partir del tercer mes) y más tardíamente en el grupo tenotomía (a partir del sexto mes), cuando el valor de los índices supera la unidad. Esto es así tanto en el estudio prefatiga, como en el postfatiga. La mejoría con respecto al preoperatorio en ambos grupos es evidente, pero no ha demostrado diferencias entre ambos grupos de estudio.

9.3 Fuerza de supinación del antebrazo

Analizando la bibliografía, muchos autores coinciden en que se aprecian disminuciones de la fuerza de supinación cuando se actúa sobre la PLB. En el caso de las tenotomías, la pérdida de estima entre un 9% y un 15% de la fuerza pico tras la tenotomía de la PLB^{21,22}. Sin embargo, otros autores no evidencian diferencias en la fuerza de supinación⁸⁵. En el caso de las tenodesis, el descenso de la fuerza de supinación se ha cuantificado entre un 10% y un 13%^{21,26,60}.

Shank *et al.*²¹ analizaron los déficits tras la realización de tenotomía o tenodesis mediante la utilización de dinamómetro isocinético, demostrando que se produce un descenso de un 15% en la fuerza pico de torsión (supinación) en el grupo tenotomía con respecto al brazo sano y un descenso del 13% en el grupo tenodesis, mientras que en el grupo de controles sanos no apreciaron diferencias entre ambos brazos.

En su estudio a largo plazo, The *et al.*²² apreciaron un descenso de la fuerza de supinación del antebrazo donde se había llevado a cabo la tenotomía de la PLB, cuantificando este descenso en un 9,1%.

Por el contrario, Duff *et al.*⁸⁵ no apreciaron diferencias en la fuerza de supinación del brazo tenotomizado con respecto al brazo sano. Incluso evidenciaron un índice de fuerza de supinación de 1,11 (más fuerza en el brazo intervenido que en el sano), aunque estos resultados no alcanzaron la significación estadística.

De la misma manera, Friedman *et al.*⁶⁰ tampoco encontraron diferencias en cuanto a la fuerza de supinación del antebrazo entre los pacientes intervenidos mediante tenotomía con respecto a los pacientes intervenidos mediante tenodesis. La ausencia de diferencias también se demostró tras el test fatigante con mancuernas. Tampoco encontraron diferencias entre el brazo intervenido (mediante ambas técnicas) y el brazo sano.

Zhang *et al.*²⁶ demostraron la ausencia de diferencias entre el índice de fuerza en supinación en los pacientes intervenidos mediante tenotomía o tenodesis de la PLB. Informaban de un índice de $0,9 \pm 0,2$ en el caso de las tenotomías y de un $0,9 \pm 0,1$ en el caso de las tenodesis. Demostraron la ausencia de diferencias entre los grupos, pero datan un índice de 0'9 en ambos grupos, que informa de una diferencia del 10% de la fuerza con respecto al brazo sano, que actúa como control.

En el presente estudio se ha estudiado la evolución temporal de la fuerza de supinación, detallada en las tablas 44 (prefatiga) y 45 (postfatiga). En el estudio de la fuerza de supinación no se han obtenido diferencias entre ambos grupos tras la realización de tenotomía o tenodesis. Aun así, valorando la evolución temporal de los resultados entre los grupos, se puede apreciar una tendencia a la mejoría en el grupo tenodesis, con resultados progresivamente mayores, mientras que en el grupo tenotomía no se aprecian cambios significativos con respecto al preoperatorio.

Los resultados de la evolución de la fuerza de supinación postfatiga están expresados en la tabla 45. Al analizar los resultados de la fuerza de supinación postfatiga y su evolución temporal se puede apreciar que, partiendo de una situación dispar en el preoperatorio (aunque sin diferencias estadísticas), la evolución postoperatoria es pobre en el grupo tenotomía, estancándose en valores discretamente inferiores al preoperatorio, mientras que en el grupo tenodesis, la SVM postfatiga mejora progresivamente hasta alcanzar diferencias estadísticas entre ambos grupos en la valoración a los 12 meses de la intervención. Este hallazgo corrobora la tesis de que la funcionalidad del bíceps es diferente en ambos grupos y que el bíceps alcanza fuerzas de supinación mayores en el grupo tenodesis cuando está fatigado, siendo progresiva la divergencia de los resultados hasta alcanzar la significación estadística a los 12 meses de la intervención.

Según la bibliografía consultada, nadie ha analizado la fuerza de supinación del antebrazo con el bíceps fatigado, considerando únicamente los

valores sin fatiga como válidos para valorar la implicación biomecánica de la actuación quirúrgica sobre la PLB, con excepción del grupo de estudio de Friedman⁶⁰, que no encontró diferencias. Como se puede comprobar en las tablas 33, 37, 41 y 45, las mayores diferencias entre los grupos se alcanzan en el estudio postfatiga, por lo que podemos pensar que analizar únicamente los datos prefatiga es incompleto para conocer la respuesta biomecánica tras la intervención sobre la PLB. Puede ser por este motivo por el cual algunos autores^{26,85} no encuentran diferencias en el estudio de la supinación.

Llama la atención el parámetro obtenido a los doce meses en el grupo tenodesis. Esta magnitud es mayor en la valoración postfatiga que en el mismo grupo antes de la realización del test de la fatiga, cosa que no ocurre en el resto de parámetros.

Cuando se analizan los resultados en forma de índice, referenciando los valores obtenidos con respecto al brazo sano, se obtiene la evolución temporal que se detalla en las tablas 34, 38 y 42. No se aprecian diferencias estadísticas entre los grupos ni antes ni después del test de la fatiga.

Cabe destacar los resultados obtenidos al estudiar el grado de mejoría con respecto a los valores preoperatorios. Estos resultados pueden ser expresados en valor absoluto (mediante la sustracción del valor de SVM postoperatorio al valor preoperatorio), que reflejarían la pérdida de capacidad de SVM, o mediante el cociente, en forma de índice, actuando el valor preoperatorio como valor de referencia (como divisor).

La pérdida de la capacidad de SVM con respecto al preoperatorio, resultado de la sustracción de la capacidad de supinación postoperatoria al valor preoperatorio, expresados en las tablas 33, 37 y 41, se pueden apreciar diferencias estadísticas tanto en el estudio pre como en el postfatiga. En el estudio prefatiga se observan estas diferencias a partir del sexto mes tras la intervención (tabla 37), donde los valores en el grupo tenotomía son positivos, es decir, pierde capacidad de supinación tras la intervención, mientras que el grupo tenodesis son ampliamente negativos, es decir, gana capacidad de

supinación con respecto al preoperatorio. En el estudio postfatiga las diferencias pueden empezar a verse en el tercer mes postoperatorio (tabla 33), donde los resultados positivos del grupo tenotomía contrastan claramente con los resultados negativos del grupo tenodesis. Existe la excepción del valor de los 6 meses, donde la significación estadística con se alcanza, con un valor de p de 0,06.

Con respecto al valor del cociente entre el resultado postoperatorio en referencia al valor preoperatorio, es decir, el índice de pérdida de capacidad de SVM, se pueden apreciar los resultados en las tablas 33, 37 y 41

En el estudio prefatiga, los resultados que han demostrado diferencias estadísticas se encuentran a partir del sexto mes postoperatorio (tabla 37), donde el valor del grupo tenotomía es muy cercano a la unidad, mientras el valor del grupo tenodesis es mayor que ella. Las diferencias entre los grupos en el estudio a los doce meses no alcanzan la significación estadística con un valor de p de 0,053.

En el estudio postfatiga, la diferencia entre ambos grupos se alcanza al tercer mes postoperatorio (tabla 33) y se mantiene a lo largo de toda la evolución postoperatoria, llegando casi a duplicar el resultado a los doce meses. Con ello se puede concluir que el índice de mejoría de la SVM es mayor en el grupo tenodesis, sobre todo en el estudio postfatiga, donde se hacen más evidentes los déficits en el grupo tenotomía. Es decir, con el bíceps fatigado, la diferencia entre el brazo intervenido con respecto al valor preoperatorio es más evidente que con el bíceps no fatigado.

9.4 Modelo de tenotomía y tenodesis

El método de ejecución de la tenotomía de la PLB utilizado en el estudio ha sido la sección del tendón en su lugar de inserción en el complejo glenolabral,

mediante electrocoagulador, allí donde comienza el tendón a ensancharse, pero sin lesionar el labrum superior remanente.

Burkhead *et al.*⁹⁰ estudiaron la anatomía de la inserción de la PLB en el complejo glenolabral, donde apreciaron que el grosor en la zona de inserción era más ancho (unos 7-8 mm) que el diámetro interno de la corredera bicipital. Esta discrepancia de grosor, junto con la presencia de las *vincula tendinum*^{10,91}, facilitan el efecto autotenodesis del muñón distal de la PLB, es decir, favorecen la cicatrización en un lugar cercano a la corredera bicipital, dificultando el descenso sin control del cabo distal hacia el compartimento anterior del brazo.

Kany *et al.*⁹² buscando favorecer la autotenodesis en región proximal, limitaban la extensión del codo mediante el uso de cabestrillo las primeras semanas tras la tenotomía.

Otros autores⁹³⁻⁹⁶ han desarrollado técnicas de magnificación del muñón para impedir el descenso del tendón por la corredera bicipital (ver apartado 2.5.1.2.1).

Como se ha detallado en el capítulo 6.4, el método para la realización de la tenotomía en el presente estudio se ha realizado lo más cerca posible del labrum glenoideo, respetando la anatomía e inserción del mismo, para obtener un diámetro proximal lo mayor posible, pero no se han realizado técnicas de magnificación del muñón. Tampoco se ha limitado la extensión del codo, sino que se ha favorecido la rehabilitación precoz, permitiendo la movilización pasiva del mismo en los primeros días postoperatorios.

La carga necesaria para la migración del cabo distal de la PLB hacia la corredera cuando se realiza la tenotomía en comparación con la tenodesis también ha sido estudiada. Wolf *et al.*¹³² informaban de una carga media necesaria de 110,7 N para la migración distal de la PLB en las tenotomías, en comparación con los 310,8 N que eran necesarios en el caso de las tenodesis con tornillo interferencial en la corredera bicipital.

Existen múltiples estudios biomecánicos que estudian la rigidez de las configuraciones de tenodesis que buscan justificar los diferentes modelos de implante y su óptima localización.

Mazzoca *et al.*¹⁴⁹ analizaron la carga hasta fallo de cuatro tipos de tenodesis diferentes: tenodesis subpectoral abierta con tornillo interferencial, túnel óseo subpectoral, tornillo interferencial artroscópico y anclaje artroscópico, sin encontrar diferencias significativas entre ellos.

Ozalay *et al.*¹³⁴ analizaron la carga simple hasta fallo de la construcción, obteniendo el resultado más ventajoso para la tenodesis con tornillo interferencial ($243,3 \pm 72,4$ N) seguido de la configuración con túnel óseo ($229,2 \pm 44,1$ N), anclaje ($129 \pm 16,6$ N) y técnica *keyhole* ($101,7 \pm 27,9$ N).

Un resultado similar obtienen Richards *et al.*¹⁵⁰ cuando analizan la carga hasta fallo de dos técnicas de tenodesis: con tornillo interferencial ($233,5 \pm 55,5$ N) y con doble anclaje ($135,5 \pm 37,8$ N).

El tornillo interferencial ha sido el patrón oro de la tenodesis donde los diversos autores se referenciaban para efectuar estudios de no inferioridad de las construcciones más modernas. Chiang *et al.*¹¹² no hallaron diferencias entre el tornillo interferencial y la configuración *Y-Knot* subpectoral. De la misma manera, Baleani *et al.*¹¹⁰ tampoco encontraron diferencias entre el tornillo interferencial y la tenodesis a partes blandas cuando se realizaban en localización suprapectoral.

Su *et al.*¹²⁰ analizaron cinco modelos diferentes de tenodesis y calcularon la carga cíclica hasta fallo, la rigidez y el desplazamiento de las construcciones de tenodesis, llegando a la conclusión de que la construcción *wedge tenodesis* obtenía resultados similares al tornillo interferencial, y posteriormente, como configuraciones menos rígidas, se encontraban las tenodesis realizadas mediante anclaje atornillado, la técnica percutánea intraarticular transtendón y la *T-wedge* tenodesis.

Sethi *et al.*¹⁵¹ estudiaron la rigidez el montaje de tenodesis mediante botón cortical como aumentación del tornillo interferencial en comparación con tornillo interferencial solo de diferentes diámetros, concluyendo que el modelo mixto no aumenta la resistencia con respecto al tornillo solo.

Las diferentes marcas comerciales de tornillo interferencial también han sido objeto de estudio. Patzer *et al.*¹³⁵ estudiaron cuatro diferentes marcas comerciales de tornillo interferencial, calculando su carga cíclica hasta fallo.

El lugar de la realización de la tenodesis también es motivo de discusión. Las dos localizaciones más populares son su localización suprapectoral (en la misma corredera bicipital o a su salida), que permite su inserción de manera artroscópica, o infrapectoral, que requiere cirugía abierta. Slabaugh *et al.*¹³⁶ analizaron las tenodesis supra e infrapectorales con diferentes diámetros y longitudes de tornillo interferencial, sin encontrar diferencias biomecánicas.

En el presente estudio, en los casos asignados mediante aleatorización al grupo tenodesis, ha sido efectuada siempre la misma técnica quirúrgica, como se ha detallado en el capítulo 6.4. Se ha realizado la tenodesis mediante tornillo interferencial según la técnica *Biceptor* (Smith & Nephew, Andover, MA) implantado artroscópicamente justo a la salida de la corredera bicipital (localización suprapectoral).

9.5 Manejo de la dominancia de los miembros superiores

Es importante discutir el manejo de la dominancia de los miembros superiores en un estudio biomecánico. Utilizar el brazo contralateral como referencia es de gran ayuda, dado que actúa como control pareado para cada sujeto tanto en los parámetros biomecánicos como clínicos. El miembro contralateral sano se supone como el referente a alcanzar cuando se interviene el miembro superior que parte de una situación de merma funcional de base. La duda que se plantea es si es correcto utilizar el brazo contralateral como control,

puesto que la dominancia puede afectar la referencia. Es lógico pensar que un brazo dominante obtenga parámetros biomecánicos de base más elevados que el no dominante. En este supuesto, estaríamos infraestimando los resultados del brazo intervenido si el brazo sano es el dominante (el referente sería más débil) o sobreestimando los resultados si el brazo de referencia es el no dominante.

A este respecto, Wittstein *et al.*²³ realizaron un estudio biomecánico en 20 sujetos sanos (10 varones y 10 mujeres), utilizando un dinamómetro isocinético. Analizaron las fuerzas pico y la duración tanto en flexión de codo como en supinación del antebrazo. En el estudio no encontraron diferencias entre la fuerza ni duración de las contracciones entre el brazo dominante y el no dominante. Concluyen que el brazo sano puede utilizarse para la comparación en el estudio postoperatorio de la reparación del tendón del bíceps distal, reparaciones musculares intermedias y para el estudio de la tenotomía o tenodesis de la PLB.

Análogamente, Matsuoka *et al.*¹⁵² no obtuvieron diferencias en cuanto a la fuerza de supinación entre brazos, aunque no investigaron la fuerza de flexión ni la duración de la contracción.

Por el contrario, otros autores^{153,154} han advertido diferencias en la fuerza de flexión, supinación y duración y abogan por un ajuste postoperatorio de los resultados en función de la dominancia. Ambos artículos son criticables metodológicamente. En el estudio de Leighton *et al.*¹⁵⁴ en el que informan de diferencias entre ambos brazos, los valores de p proporcionados superan el punto de corte estadístico de 0,05 en cuanto al valor de fuerza de flexión y supinación entre brazos y en la duración de la supinación mantenida, es decir, no hay diferencias estadísticas. En el estudio de D'Alessandro *et al.*¹⁵³ los valores de las medias y los valores de p y las medias están ausentes, expresando los valores entre brazos únicamente mediante porcentaje.

Otros autores han hallado diferencias en la dominancia de miembros superiores, calculando una mayor fuerza en el brazo dominante (3% mayor en flexión y 8% para la supinación)^{155,156}.

En contraposición con estos resultados, Shank *et al.*²¹ analizan los resultados entre brazos dominante y no dominante en el subgrupo de pacientes sanos, informando de ausencias de diferencias en supinación, pero sí diferencias del 7% en flexión.

Pese a la controversia en la diferencia biomecánica entre los brazos dominante y no dominante, es frecuente encontrar autores^{21,22,24,26,60,61,85,99,106} que comparan directamente los resultados de uno y otro brazo sin necesidad de ajuste.

En el presente estudio se ha aceptado la tesis que sugieren Wittstein *et al.*²³, obviando las posibles diferencias entre miembros y utilizando el brazo sano como control pareado sin necesidad de ajuste. Como se detalla en la tabla 3, en el presente estudio se ha intervenido el brazo dominante en el 60,9% de los casos intervenidos mediante tenotomía y en el 60% de los casos intervenidos mediante tenodesis. Ello lleva a tener como control de referencia el brazo no dominante en el mismo porcentaje de los casos. En el caso de que realmente hubiese diferencias a favor del brazo dominante (dudoso, según la bibliografía consultada), eso nos conduciría a sobreestimar nuestros resultados postoperatorios en este mismo porcentaje de casos, pero únicamente cuando se analicen los grupos por separado (brazo intervenido vs sano). Cuando se comparen los resultados entre los grupos (tenotomía vs tenodesis) no habría problema, dado que la aleatorización no ha demostrado diferencias de dominancia entre los grupos ($p=0,95$), haciendo desaparecer el hipotético sesgo.

9.6 Dinamómetros y forma de medición

Los tipos de aparatos de medición de las fuerzas de flexión del codo y supinación del antebrazo varían en la bibliografía, pudiendo ser éstos de muchas marcas diferentes, resumiéndose en tres tipos: isométricos de presión, isométricos tipo romana e isocinéticos.

Normalmente se han aceptado los dinamómetros isocinéticos como patrón oro de referencia para el estudio biomecánico. Este tipo de dinamómetros estudian la fuerza de una determinada articulación en todo el arco de movimiento de la misma, mientras la palanca de medición se desplaza en una velocidad angular conocida. La desventaja de este tipo de dinamómetros es su elevado precio y el tamaño, no permitiendo su portabilidad.

Los dinamómetros isométricos actúan midiendo la fuerza de una manera estática, mediante un transductor de presión o un mecanismo mecánico. Permiten medir la fuerza en una posición concreta de la articulación (a 90° según todos los artículos consultados), variando la posición del antebrazo entre los distintos artículos (supinación, pronación o pronosupinación media).

Stark *et al.*¹⁵⁷ realizaron una revisión sistemática con el fin de analizar la validez y fiabilidad de los dinamómetros manuales. Para ello analizaron los estudios anteriores que comparaban los dinamómetros manuales con el patrón oro isocinético, llegando a la conclusión de que existen mínimas diferencias entre ambos y considerando los dinamómetros manuales como válidos para la cuantificación de la fuerza muscular en un estudio clínico.

Como puede apreciarse en las tablas 1 y 2, los diferentes estudios clínicos recientes utilizan ambos tipos de dinamómetro.

En nuestro estudio hemos utilizado el dinamómetro manual *Commander Muscle Testing* (JTECH Medical, Salt Lake City, USA), imágenes 10 y 11, por su reducido precio y dimensiones, para el cálculo de la fuerza de flexión. El

método de medición se especifica en el apartado 6.3.1.1. Cabe reseñar que es el mismo dinamómetro utilizado por Friedman *et al.*⁶⁰ en su estudio.

Para el cálculo de la fuerza de supinación se ha utilizado el dinamómetro de torsión *Baseline Hydraulic Wrist Dynamometer* (FEI, White Plains, USA), imagen 12. Con las especificaciones técnicas que se detallan en el apartado 6.3.1.1.

En los estudios que cuantifican la fuerza mediante dinamómetro manual, los autores difieren en cuanto a la posición del antebrazo durante la contracción. En sus estudios en voluntarios sanos, Hunter *et al.*⁵⁵⁻⁵⁷ estudiaron los parámetros biomecánicos mediante dinamómetro manual, manteniendo la posición del antebrazo en pronosupinación media. Por el contrario, otros autores realizan la medición en supinación del antebrazo^{26,85,98} o en ambas posiciones⁶⁰. Otros autores no especifican la posición del antebrazo durante la medición^{25,99,106,137}.

En el presente estudio se han realizado las mediciones de fuerza de flexión con el antebrazo en supinación completa, dado que es la posición en que el bíceps braquial desarrolla una mayor función¹⁶.

9.7 Escalas de valoración clínica y satisfacción global

Las escalas de valoración clínica son necesarias para la objetivación de los resultados clínicos, funcionales y cuantificar la reincorporación del paciente al ritmo de vida previo. En el presente estudio se han utilizado las escalas de Constant (ajustadas a edad y sexo¹⁵⁸), SSI y UCLA.

Slenker *et al.*⁸⁷, en su revisión sistemática, llegaron a la conclusión de que ambas técnicas tenían un grado de satisfacción global similar entre los pacientes recogidos de todos los artículos seleccionados para la revisión sistemática, calculándolo en un 77% de resultados buenos y excelentes en el caso de las tenotomías, en comparación con el 63-93% de las tenodesis.

Koh *et al.*²⁵, en su estudio de cohortes prospectivo, no encontraron diferencias entre los pacientes intervenidos mediante tenotomía y tenodesis en cuanto a las escalas de valoración clínica utilizadas, obteniendo puntuaciones ASES de $84,7 \pm 13,6$ en el grupo tenotomía y $82,9 \pm 13,5$ en el grupo tenodesis; y puntuaciones Constant de $79,6 \pm 15,8$ y $78,3 \pm 14,1$ respectivamente.

Senturk *et al.*¹⁴⁶ también evidencian una mejoría en las escalas de valoración Constant, con una mejoría en el grupo tenotomía desde 64,4 preoperatoria hasta 89,5 en el postoperatorio; y en el grupo tenodesis una mejoría desde 62,8 hasta 86,7. Las puntuaciones en la escala UCLA también mejoraron en el grupo tenotomía (23,2 preoperatoria hasta 22,6 postoperatoria) y en el grupo tenodesis (30,0 hasta 29,2). En la comparación de las puntuaciones en ambas escalas no se obtuvieron diferencias significativas.

Ge *et al.*¹²⁵ realizaron una revisión sistemática y metaanálisis de los resultados obtenidos en pacientes intervenidos mediante tenotomía o tenodesis de la PLB, informando de una puntuación de satisfacción similar en ambos grupos, con un riesgo relativo de 1 (intervalo de confianza al 95% comprendido entre 0.92 y 1,09).

Los resultados de la evolución de las escalas de valoración clínica utilizados en el presente estudio se detallan en las tablas 53 a la 55 y en los gráficos 19 al 21, donde se puede apreciar también la evolución temporal de las mismas. Se aprecia una evolución temporal hacia la mejoría en todas las escalas de valoración, sin diferencias estadísticas entre ambos grupos (tenotomía y tenodesis) en ninguna de las apreciaciones. Ambos grupos mejoran paulatinamente hasta el final del seguimiento, sin apreciarse diferencias en la rapidez de la mejoría ni en la puntuación final.

En el presente estudio, los resultados finales en la escala de Constant son $88,91 \pm 10,52$ en el grupo tenotomía y $89,75 \pm 12,06$ en el grupo tenodesis, resultados similares a los apreciados por Senturk *et al.*¹⁴⁶ y ligeramente superiores a los apreciados por Koh *et al.*²⁵. La diferencia con este último autor puede deberse a la edad media de sus pacientes (65 y 66 años en los grupos

tenotomía y tenodesis respectivamente), mientras que la del presente estudio es de 54 y 50 años.

En cuanto a la evolución del dolor postoperatorio, Delle Rose *et al.*¹¹⁹ apreciaron una mejoría significativa de la escala analógica visual (VAS) partiendo de una puntuación preoperatoria de 8,4 en el grupo tenotomía y 8,8 en el grupo tenodesis hasta una puntuación al final del seguimiento de 1,5 y 1,4 respectivamente. También informaban de que el dolor en el postoperatorio inicial, en los dos primeros meses, era mayor en el grupo tenodesis, de la misma manera que el período de rehabilitación es más largo.

En el presente estudio, la evolución del dolor ha sido similar a la apreciada por Delle Rose *et al.*¹¹⁹, como puede apreciarse en la tabla 52. Partiendo de una puntuación prequirúrgica similar ($6,55 \pm 1,59$ en el grupo tenotomía y $6,91 \pm 1,86$ en el grupo tenodesis), la evolución cronológica es paulatinamente hacia la mejoría sin apreciarse diferencias entre ambos grupos en la evolución ni en el resultado final ($2 \pm 2,65$ y $3 \pm 2,97$ respectivamente). Los resultados finales son levemente inferiores a los apreciados por Delle Rose¹¹⁹, posiblemente porque su período de seguimiento es mayor (4 años) que en el presente estudio, con un seguimiento de 1 año. En el presente estudio no se dispone de datos clínicos de dolor en los dos meses postoperatorios para poder discutir las diferencias precoces entre ambos grupos detectadas por Delle Rose *et al.*¹¹⁹, donde apreciaban un mayor dolor en el grupo tenodesis.

El porcentaje de satisfacción global obtenido al final del proceso en el presente estudio se aprecia en la tabla 59. Se ha obtenido una satisfacción del 90,9% en el grupo tenotomía (2 pacientes no satisfechos), y del 100% en el grupo tenodesis. Estos resultados son consistentes con los datos aportados por Frost *et al.*¹⁵⁹, donde apreciaron un índice de satisfacción final entre los artículos incluidos en su revisión cuantitativa que variaban entre el 40 y el 100% en el grupo tenodesis y entre el 65 y el 100% en el grupo tenotomía. Los valores máximos incluidos en la revisión cuantitativa de Frost¹⁵⁹ corresponden a los estudios de Franceschi *et al.*^{84,86}. Los hallazgos que se han observado en el

presente estudio también son consistentes con los apreciados por Duff *et al.*⁸⁵, donde apreciaron un porcentaje de buenos y excelentes resultados del 95% de los pacientes intervenidos mediante tenotomía de la PLB y también con los apreciados por Checchia *et al.*¹¹⁸, con un porcentaje de buenos y excelentes resultados del 93% de los pacientes intervenidos mediante tenodesis.

9.8 Estética

9.8.1 Deformidad estética y prevalencia

La deformidad estética producida por el descenso del vientre muscular del bíceps braquial es la única diferencia detectada que alcanzaba la significación estadística en la revisión sistemática de Slenker *et al.*⁸⁷, al estudiar las diferencias entre tenotomía y tenodesis de la PLB. En este estudio, cuantificaba la presencia del signo de Popeye en un 42% de los pacientes intervenidos mediante tenotomía, en contraposición con el 8% de los pacientes intervenidos mediante tenodesis.

La presencia de la deformidad estética tras la tenotomía o tenodesis de la PLB varía ampliamente en la bibliografía. La prevalencia de la deformidad en la bibliografía se refleja en la tabla 70, en función de la técnica quirúrgica empleada. La presencia de deformidad estética en el presente estudio se detalla en la tabla 56. Los resultados son fruto de la medición del signo de Popeye a los 12 meses de la intervención, para incluir también en este apartado las posibles roturas espontáneas del tendón remanente, los fallos de las tenodesis y las pérdidas de tensión de las construcciones durante el período de rehabilitación. Se aprecia una prevalencia del 56,5% de deformidad estética en el grupo tenotomía y del 13,3% en el grupo tenodesis. Se han demostrado diferencias estadísticas entre los grupos a los 12 meses de la intervención.

Autor	Popeye en Tenotomía (%)	Popeye en Tenodesis (%)	Técnica tenodesis
Biz ⁹⁷ 2012	20	15% (Td en el intervalo) 0% (Td al Subescapular)	Partes blandas en intervalo y en subescapular
Boileau ⁸⁸ 2007	62	3	Tornillo en corredera
Checchia ¹¹⁸ 2005	--	6,6	P. blandas (manguito)
De Carli ¹⁰⁶ 2012	17	0	P. blandas (manguito)
Delle Rose ¹¹⁹ 2012	37,5	5,3	P. blandas (manguito)
Drakos ⁶¹ 2008	--	5	Transferencia al tendón conjunto
Duff ⁸⁵ 2012	57	--	--
Franceschi ⁸⁴ 2008	59,3	--	--
Franceschi ⁸⁶ 2007	--	0	P. blandas (manguito)
Friedman ⁶⁰ 2015	35	18,2	Anclaje atornillado en corredera
Hsu ¹³⁰ 2011	41	25	(revisión sistemática)
Kany ⁹² 2015	--	18,5	<i>Keyhole</i> en corredera
Kelly ²⁴ 2005	70 (82,7% ♂; 36,5% ♀)	--	--
Koh ²⁵ 2010	26,8	9,3	Anclaje atornillado en corredera
Lee ¹³⁷ 2016	19,6	5,6	Tornillo en corredera
Lim ⁹⁹ 2011	45	--	--
Mazzocca ¹⁰¹ 2008	--	2,4	Tornillo subpectoral
Oh ⁹⁸ 2016	37	25,8	Anclaje atornillado en corredera
Senturk ¹⁴⁶ 2011	0	--	--
Slenker ⁸⁷ 2012	42	8	(revisión sistemática)
The ²² 2014	37,5	--	--
Zhang ²⁶ 2015	9,1	2,7	Anclaje atornillado en corredera

Tabla 70: Prevalencia de deformidad estética por retracción distal del bíceps en la bibliografía, en función de la técnica quirúrgica empleada. Datos expresados en % según el autor del estudio. Se especifica el tipo de fijación en caso de tenodesis.

La prevalencia de deformidad en el grupo tenotomía del presente estudio es consistente con los resultados aportados por Boileau *et al.*⁸⁸ que reporta un 62% de casos de deformidad estética cuando realiza la tenotomía de la PLB, con un resultado global del 65% de buenos o excelentes resultados, sin diferencias clínicas en cuanto a la escala de Constant con respecto al grupo tenodesis.

También son consistentes los resultados del presente estudio con el artículo publicado por Duff *et al.*⁸⁵, que mencionan un 57% de presencia de signo de Popeye tras la realización de tenotomías. De la misma manera, Francesci *et al.*⁸⁴ informan de un 59,3% de casos de deformidad estética cuando realiza la tenotomía de la PLB. El mayor porcentaje de casos de deformidad estética tras tenotomía es presentado por Kelly *et al.*²⁴, con un 70% de casos, los cuales subdivide entre sexos: un 82,7% en varones y un 36,5% en mujeres. La discusión sobre la deformidad estética y su incidencia en función del sexo se desarrollará en el apartado 8.8.2.

La presencia del signo de Popeye tras la realización de la tenodesis es explicada por Hsu *et al.*¹³⁰ debido al fallo del implante utilizado o por un error en el tensionamiento del tendón remanente, ocasionando una discrepancia en la relación longitud-tensión. En los estudios incluidos en su revisión sistemática, refieren un global de 25% de casos de deformidad estética tras la realización de la tenodesis.

En la bibliografía consultada, la prevalencia más baja de casos de deformidad estética la aportan dos autores^{86,106}, que la cuantifican en un 0%. Ambos autores utilizan la tenodesis a partes blandas, incluyendo el tendón de la PLB en la reparación del manguito rotador. Franceschi *et al.*⁸⁶ postula como opción la no desinserción del muñón proximal del manguito de la glena cuando se incorpora la PLB dentro de la reparación concomitante del manguito rotador, dado que no aprecia diferencias funcionales, en escalas de valoración clínica, dolor ni satisfacción global. Tampoco refiere casos de dolor residual en la región anterior del hombro.

Los autores que mayor prevalencia de deformidad estética tras tenodesis presentan son Oh *et al.*⁹⁸, que presenta un 25,8% de casos tras realizar la tenodesis de la PLB mediante tornillo interferencial en la corredera bicipital. Refieren que estos casos son más frecuentes en varones y diferencia dos grados de signo de Popeye: leve (solo se puede apreciar durante la contracción activa del bíceps) y severo (la deformidad es evidente en reposo).

Hsu *et al.*¹³⁰ cuantificaron una *odds ratio* de 2,15 para la presencia de deformidad estética en el caso de las tenotomías, presente en su estudio en un 41% de ellas, como contraposición al 25% de las tenodesis.

En el presente estudio, la prevalencia de deformidad estética tras la realización de tenodesis de la PLB es del 13,3%, incluyendo dentro de ésta las presenciadas tanto en reposo como durante la contracción del bíceps braquial. Este porcentaje se encuentra discretamente por encima de los resultados apreciados en la revisión sistemática de Slenker *et al.*⁸⁷, que la cuantifican en un 8%. Esto puede ser debido a la diferencia en la edad de los pacientes incluidos. En la revisión sistemática de Slenker, casi todos los trabajos incluidos presentan una edad media mayor de 60 años en los casos donde se realiza tenodesis, mientras en el presente estudio, los pacientes del grupo tenodesis tienen una edad media de $50,73 \pm 6,31$ años. Además de esto, todos los pacientes incluidos en el presente estudio son varones, donde la presencia de deformidad estética tras tenodesis presenta mayor prevalencia.

9.8.2 Deformidad estética en función del sexo

Es sabido que la presencia de la deformidad estética tras una tenotomía es mayor en el caso de los sujetos varones que en las mujeres, presumiblemente por la mayor fuerza de contracción del bíceps braquial, que facilita el descenso del tendón, no permitiendo el efecto autotenodesis. Kelly *et al.*²⁴ cuantificaron en un estudio realizado en pacientes sometidos a tenotomía

de la PLB una prevalencia global del signo de Popeye del 70%, que al estratificar los resultados por sexo, mostraban diferencias importantes entre ellos: 82,7% en los varones y 36,5% en las mujeres.

A la misma conclusión llegan Biz *et al.*⁹⁷, apreciando en su estudio una incidencia menor de deformidad estética en el caso de pacientes mujeres. A este respecto, Oh *et al.*⁹⁸ objetivan en su estudio una ratio varones-mujeres para la presencia de deformidad estética de 3:1, siendo más acusada aún para los casos de deformidad estética severa, que la cuantifican en un 4:1.

Lim *et al.*⁹⁹ aprecian en su estudio una presencia de deformidad estética tras tenotomía de la PLB del 76% en varones y del 31% en mujeres, alcanzando la diferencia la significación estadística. Sostienen en su estudio que el sexo masculino es el único factor predisponente para desarrollar deformidad estética tras la tenotomía. Calculan una *odds ratio* de 10,21 para los pacientes varones.

En el presente estudio se han incluido únicamente pacientes varones con el objeto de homogeneizar la muestra. Con esto se ha pretendido disminuir la variabilidad de los datos y poder acceder a tamaños muestrales más pequeños sin afectar la potencia estadística. Esto debe tenerse en cuenta a la hora de extrapolar los resultados a la población general.

9.8.3 Ausencia de deformidad en los casos de tenotomía: efecto autotenodesis

Si la presencia de la deformidad estética se cuantifica en un 42% de los casos⁸⁷, significa que en un 58% de los casos la deformidad o no se produce o no se aprecia por el explorador.

El efecto autotenodesis, ya definido en el apartado 2.5.1.2.1, consiste en la cicatrización del muñón distal de la PLB en partes blandas, evitando el descenso del vientre muscular. Es por ello un efecto beneficioso que hay que estudiar para favorecer las condiciones que lo faciliten.

Para ello se ha estudiado la anatomía de las *vincula tendinum*^{10,91}, las vínculas tendinosas que nutren la porción avascular del tendón en su paso por la corredera bicipital, dado que son un elemento mecánico que evita la retracción libre del remanente de la PLB. El tendón de la PLB, pese a ser intraarticular, es extrasinovial, dado que se engloba dentro de la vaina a modo de doble tubo, que es una extensión de la cápsula sinovial de la articulación. Esta vaina se refleja sobre sí misma a nivel del ligamento humeral transversal, formando sus capas parietal y visceral. Cuando se realiza la tenotomía de la PLB, el tendón y su vaina visceral se deslizan dentro de la vaina parietal, permitiendo únicamente un recorrido controlado. Las vainas actúan como “trampa china” con el tendón.

De la misma manera, también han sido objeto de estudio las modificaciones de la técnica de la tenotomía⁹³⁻⁹⁶ que buscan magnificar el muñón proximal de la PLB para buscar su anclaje en la estrechez de la corredera bicipital, ya definidas en el apartado 2.5.1.2.1. Si el muñón del bíceps es más grueso que el tamaño de la corredera, la discrepancia de grosores facilitará la autotenodesis.

Biz *et al.*⁹⁷ sostienen que la presencia de la deformidad estética tras la tenotomía de la PLB es mucho menor que la deformidad producida por una rotura espontánea de la PLB. Esto es así dado que la rotura se produce mediante una contracción violenta y el lugar de la rotura suele afectar a la porción menos vascularizada y débil de la PLB localizada en su recorrido dentro de la corredera. Al no presentar el cabo proximal un grosor lo suficientemente importante como para detenerse en la corredera (incluso la rotura puede encontrarse en la misma corredera), desaparece el “efecto tapón” que le confiere un muñón proximal de gran tamaño. El efecto “trampa china” de las *vincula tendinum* también está ausente por la localización de la rotura o se vence por la contracción violenta que ocasiona la rotura del tendón, no siendo ellas por sí solas, capaces de detener el descenso tendinoso.

En el presente estudio se aprecia una prevalencia del 56,5% de deformidad estética en el grupo tenotomía a los 12 meses de la intervención (ver tabla 56). Este hallazgo es ligeramente superior a la media apreciada por Slenker *et al.*⁸⁷ en su revisión sistemática, pero similar a lo apreciado por otros autores^{84,85,88}.

El porcentaje apreciado de pacientes con deformidad estética tras tenotomía de la PLB, son los casos en los que se ha producido el descenso del tendón pese a efectuar la técnica favoreciendo el efecto autotenodesis. Esto puede ser explicado por tres motivos. El primero es por la población incluida, únicamente varones, que se ha demostrado en el apartado 8.8.2 que son mucho más propensos a padecer el signo de Popeye que las mujeres. Kelly *et al.*²⁴ llegaban incluso a apreciar un 82,7% de deformidad tras la tenotomía en varones. En el presente estudio no llega a apreciarse este porcentaje tan alto. El segundo motivo es por el proceso de rehabilitación realizado. Algunos autores limitan la extensión postoperatoria del codo⁹² mediante el uso de cabestrillo estricto o evitan la flexión activa del mismo en el postoperatorio inicial, para favorecer la autotenodesis. En el protocolo de rehabilitación realizado en el presente estudio no se limitan estos movimientos, favoreciendo desde el primer día postoperatorio la extensión pasiva del codo. El tercer motivo es la edad media de los pacientes, inferior a la mayoría de los artículos incluidos en la revisión sistemática de Slenker *et al.*⁸⁷, más propensos a alcanzar valores mayores de CVM que los pacientes de más edad.

9.8.4 Deformidad estética tras realización de tenodesis de la PLB

La presencia del signo de Popeye tras la tenodesis de la PLB está calculada en un 8% según una revisión sistemática⁸⁷ y puede ser explicada por diversos motivos: fallo del implante, rotura del tendón o fallo en el tensionado del tendón remanente.

Mazzocca *et al.*¹⁰¹ apreciaron en su estudio un único caso de fallo del implante de una serie de 41 tenodosis, considerando el fallo como un *pull-out* del tornillo interferencial, que en su serie se implantaba a nivel subpectoral.

Kany *et al.*⁹² realizaron un estudio mediante la colocación de un testigo metálico en el muñón tendinoso de la PLB en los casos en los que realizaba tenodosis mediante la técnica *keyhole*. Apreció una migración del testigo metálico en la radiología postoperatoria en un 18,5% de los casos (n=23), lo cual consideraban como fallos del anclaje. De los 23 pacientes con fallo y migración del testigo metálico, únicamente presentaron deformidad estética 13 de ellos, lo cual puede llevar a pensar que existen más fallos de los implantes de tenodosis que los que se aprecian clínicamente por la deformidad estética. Los mismos autores, en otro artículo¹⁶⁰, publicaron las diferencias comparando los casos de migración del testigo metálico. Apreciaron un 3,4% de migraciones mediante la técnica *keyhole* (de los cuales presentan deformidad estética un 2,4%) y un 10,3% de migraciones mediante la tenodosis con tornillo (un 5,8% de casos de deformidad estética). Cabe mencionar que estos autores no consideran sinónimos deformidad estética (en ausencia de dolor) y el signo de Popeye (deformidad estética en presencia de dolor).

Lee *et al.*¹³⁷, demostraron un 9,7% de fallos de la tenodosis mediante RMN postoperatoria, sin embargo, la presencia de deformidad estética fue de un 5,6%. Estos autores también afirman que la tasa de fallo de las tenodosis está infraestimada si se tienen en cuenta únicamente los casos de deformidad estética para cuantificarlos. La presencia del fallo de la tenodosis sin deformidad estética lleva a suponer que se produce una cicatrización del tejido blando a modo de autotenodosis tras el fallo de la tenodosis instrumentada.

Delle Rose *et al.*¹¹⁹ realizaron una ecografía de rutina postoperatoria de una serie de casos de tenotomías y de tenodosis. Apreciaron un fallo de la sutura (realizaron tenodosis a partes blandas) en tres de 56 casos, que desencadenaron deformidad estética.

Gregory *et al.*¹⁰³, analizando las causas que requirieron revisión quirúrgica tras la actuación sobre la PLB apreciaron que un 33,3% de los casos reintervenidos fueron por fallo de la tenodesis previa. En cinco de los siete casos se había realizado una tenodesis subpectoral previa, donde la ubicación del fallo no estuvo en el tornillo interferencial, que estaba intacto en todos los casos, sino en la rotura del tendón remanente o en la sutura Fiberwire del implante.

En el presente estudio hemos obtenido un 13,3% de casos (n=2) de deformidad estética tras la realización de tenodesis (ver tabla 56). No se ha realizado una exploración radiológica de rutina para evaluar la presencia de fallo del implante, sino que únicamente se ha analizado la presencia de deformidad estética. Estos hallazgos son compatibles con la prevalencia de deformidad tras tenodesis apreciada por muchos de los autores de la bibliografía consultada^{60,92,97,98,130}, aunque el porcentaje es levemente mayor al apreciado por Slenker *et al.*⁸⁷ en su revisión sistemática. Esto puede ser debido a que en el presente estudio se han considerado los casos de deformidad estética tanto en contracción del bíceps como en reposo, mientras que los artículos incluidos en la revisión sistemática no lo especificaban.

Es de obligada mención que los mayores datos de fallo tras tenodesis los aportan los autores que realizan la técnica de anclaje atornillado^{60,98} y mediante la técnica *keyhole*⁹². Los estudios realizados mediante tornillo interferencial^{88,101,137}, técnica empleada en el presente estudio, presentan una tasa de deformidad tras tenodesis inferior a la media de la revisión sistemática⁸⁷.

9.8.5 Cuantificación de la deformidad estética

La presencia de la deformidad estética por el descenso del vientre muscular del bíceps no deja de ser una apreciación subjetiva por parte del explorador o por el propio paciente. En la bibliografía consultada no se expresa de rutina lo que el explorador identifica como deformidad, limitándose a

enumerar los casos. Tampoco suele expresarse si se valoran los casos en reposo o en contracción del bíceps.

Con respecto a la subjetividad de las apreciaciones por parte del explorador, Almeida *et al.*¹⁰⁰ realizaron un estudio presentando los mismos pacientes a varios grupos de profesionales divididos en función de su experiencia. La variabilidad interobservador fue menor cuanto mayor la experiencia en cirugía de hombro, aunque el porcentaje de acuerdo no superó el 87,5% en el mejor de los casos. Los autores introducen el término de “ojo entrenado” para referirse a los profesionales con más experiencia en la cirugía del hombro. Los profesionales con menor experiencia alcanzaron un 72,5% de acuerdo en el mejor de los casos. Esta correlación entre profesionales disminuía en los casos con índice de masa corporal (IMC) mayor de 30.

Oh *et al.*⁹⁸ clasifican la deformidad estética en función del grado de apreciación, dividiendo los resultados en tres grupos: sin deformidad, deformidad leve o severa. En este artículo, los autores especifican que las apreciaciones de deformidad la realizan en reposo, en ausencia de contracción.

Friedman *et al.*⁶⁰ especifican los casos de presencia de deformidad estética en función de si los aprecian en contracción (4/22 casos en el grupo tenodesis y 7/20 casos en el grupo tenotomía, sin diferencias entre ambos) o en reposo (en los que no apreció deformidad en ningún grupo). La mayoría de los autores en la bibliografía no especifican la manera de apreciar la deformidad estética.

Mazzocca *et al.*¹⁰¹, en un intento por objetivar la presencia de la deformidad estética, plantean la medición “*biceps apex distance*”, cuantificando la distancia entre el punto de mayor volumen del músculo bíceps y la zona de inserción medial del tendón del pectoral mayor y expresando la diferencia con respecto al valor en el brazo sano. Lo cuantifica con el brazo en 90° de abducción y 90° de flexión del codo. En su estudio calculan esta diferencia en 0,15 cm (rango de 0-3). Treinta y cinco de los 41 pacientes no demostraron diferencias en el examen físico.

En el presente estudio, como se ha detallado anteriormente, se ha valorado la presencia de deformidad estética tanto en reposo como en contracción, dando como positivo el valor en caso de positividad en una o ambas apreciaciones. Esto puede hacer que se hayan sobreestimado los casos con respecto a otros autores que no lo especifican o que especifican que lo objetivan en reposo. Se ha considerado que si hay presencia de deformidad estética durante la contracción del bíceps, la deformidad es apreciable, por lo que debe ser considerada como signo de Popeye.

En el presente estudio se ha realizado un intento de cuantificación de la deformidad estética mediante la medición en ambos brazos de la distancia entre el punto de mayor volumen del bíceps y el olécranon, con el brazo en 90° de abducción y 90° de flexión del codo (método detallado en apartado 6.3.1). Se ha considerado el olécranon como punto de referencia a diferencia del método de Mazzocca *et al.*¹⁰¹, que cuantificaban la distancia en referencia al punto de inserción medial del tendón del pectoral mayor. Se ha considerado este punto de inserción como una localización de difícil apreciación, sobre todo en pacientes obesos, pudiendo llevar a sesgo a la hora de la medición. Se ha preferido la medición desde un punto de mejor apreciación, en la punta del olécranon, zona que prácticamente no varía incluso en pacientes obesos.

Los datos biométricos obtenidos en el presente estudio se detallan en el apartado 7.6.5. En la tabla 67 se pueden apreciar los resultados en función de la técnica empleada. En ella se pueden apreciar diferencias estadísticas en la distancia ápex-olécranon en el brazo patológico a los doce meses, donde los pacientes intervenidos mediante tenotomía presentan una distancia menor ($15,42 \pm 1,18$ cm) que los intervenidos mediante tenodesis ($16,46 \pm 0,9$ cm). De la misma manera, la diferencia de distancia ápex-olécranon entre el brazo intervenido con respecto al sano, presenta un descenso mayor en el grupo tenotomía (descenso de $1,64 \pm 1$ cm) que el grupo tenodesis (descenso de $0,3 \pm 0,94$ cm). Estos hallazgos son explicables por la mayor incidencia de signo de Popeye en el grupo tenotomía (56,5%) que en el grupo tenodesis (13,3%), como

se puede apreciar en la tabla 56. Los resultados biométricos obtenidos entre las dos diferentes técnicas también han hallado diferencias en el perímetro bicipital tanto en reposo como en contracción, habiéndose apreciado una pérdida de volumen con respecto al brazo sano en el grupo tenotomía (pérdida de $1,92 \pm 2,15$ cm en reposo y de $1,21 \pm 2,19$ cm en contracción) que en el grupo tenodesis, donde, por el contrario, se ha apreciado una hipertrofia con respecto al sano (ganancia de perímetro de $2,2 \pm 8,41$ cm en reposo y $3,2 \pm 8,6$ cm en contracción).

Son interesantes los resultados de los datos biométricos cuando se analizan en función de la presencia de deformidad estética, dado que permiten objetivar numéricamente la apreciación subjetiva de la presencia de deformidad, sujeta a la variabilidad interobservador que aprecian Almeida *et al.*¹⁰⁰. Se ha obtenido una distancia ápex-olécranon mayor ($16,25 \pm 1,3$ cm) en el grupo sin presencia de deformidad que en el grupo con presencia de deformidad ($15,21 \pm 0,64$ cm). De la misma manera es muy interesante apreciar un mayor descenso del ápex del bíceps en el grupo con deformidad estética (descenso de $2,14 \pm 0,63$ cm) que en el grupo sin deformidad (descenso de $0,42 \pm 1,01$ cm). Cabe especial mención de los datos obtenidos en los intervalos de confianza al 95% de la variable disminución de la distancia ápex-olécranon entre sano y patológico. El intervalo de confianza al 95% del grupo sin deformidad va desde $-0,05$ cm hasta $0,9$ cm mientras que el intervalo en el grupo con deformidad comprende entre $1,77$ cm hasta $2,5$ cm. La distancia entre el valor máximo del intervalo de confianza del grupo sin deformidad ($0,9$ cm) y el valor mínimo del intervalo de grupo con deformidad ($1,77$ cm) permite establecer un punto de corte a partir del cual, el método de medición ápex-olécranon, puede afirmar objetivamente que existe deformidad estética.

Los resultados obtenidos en la objetivación de la deformidad estética son consistentes con los resultados que aportan Mazzocca *et al.*¹⁰¹. Estos autores analizan los resultados tras la realización de 41 tenodesis de la PLB con

tornillo interferencial subpectoral y realizan la medición con un sistema parecido: desde el ápex de mayor volumen del bíceps, pero miden la distancia hasta el borde medial de la inserción del pectoral mayor. De manera similar al presente estudio, realizan la medición con el brazo a 90° de abducción y 90° de flexión del codo. Estos autores realizan medición en ambos brazos y presentan una diferencia entre ambos de 0,15 (rango de 0 a 3). Refieren un fallo de la tenodesis y que en 35 de los 41 pacientes no se apreció deformidad estética. Lamentablemente no realizan el análisis entre el grupo con deformidad y el grupo sin deformidad para poder conocer el orden de magnitud de la medición en el grupo con deformidad aisladamente.

Los resultados biométricos en el presente estudio, obtenidos entre los grupos en función de la presencia de deformidad también han hallado diferencias en el perímetro bicipital en reposo, habiéndose apreciado una pérdida de volumen con respecto al brazo sano en el grupo con deformidad (pérdida de $2,3 \pm 2,27$ cm), mientras que en el grupo sin deformidad, por el contrario, se ha apreciado una hipertrofia con respecto al sano (ganancia de perímetro de $1 \pm 6,7$ cm).

9.8.6 Apreciación y aceptación de la deformidad estética por parte del paciente

La deformidad estética del bíceps no siempre es percibida por parte del paciente, pese a ser evidente en la exploración clínica por parte del examinador. En ocasiones el paciente solo lo percibe cuando el examinador le informa de su presencia. Esto lo han apreciado varios autores en la bibliografía consultada^{8,10,85,88}. En otros muchos casos, los pacientes, pese a apreciar la deformidad estética, no le confieren importancia o no lo consideran determinante para evaluar los resultados postquirúrgicos.

En el presente estudio se ha investigado sobre la percepción de la deformidad estética por parte del paciente. En los casos de deformidad

objetivada por el explorador, se ha preguntado al paciente si había percibido la deformidad. Un 73,3% de los casos (11 casos de 15) no la habían percibido.

Estos hallazgos son compatibles con lo descrito en la bibliografía. Biz *et al.*⁹⁷ analizan en su estudio los pacientes con deformidad estética y su apreciación antes de la información del explorador, cuantificando en un 20% los pacientes con deformidad que se habían percatado de ella.

De la misma manera, Koh *et al.*²⁵ apreciaron en su estudio una incidencia del 9,3% de casos de deformidad estética en el grupo tenodesis (4/43 casos) y un 26,8% en el grupo tenotomía (11/41 casos). Los autores refieren que únicamente 6 de los 15 casos se había percatado de la deformidad estética y ninguno presentaba quejas por ello.

En el estudio de Boileau *et al.*⁸⁸, aprecian un 62% de signo de Popeye en pacientes sometidos a tenotomía de la PLB (n=24), de los cuales únicamente 16 (66%) lo habían notado.

Duff *et al.*⁸⁵ clasifican el signo de Popeye en objetivo (percibido por el explorador) o subjetivo (percibido por el paciente). Tras la tenotomía, los autores refieren un 57% de casos con deformidad estética objetiva. Únicamente un 27% de los casos los consideraban subjetivos, percibidos por el paciente. La aceptación de la deformidad estética por el paciente fue la norma, siendo motivo de queja únicamente en un 3% del total de los casos.

La percepción de la deformidad también se ve alterada en los casos de pacientes obesos, dado que ésta no se aprecia por el mayor volumen del brazo por el tejido adiposo. Patel *et al.*⁸⁹ consideran que la obesidad o el volumen del brazo debe tenerse en cuenta a la hora de la decisión entre tenotomía o tenodesis, dado que la percepción de la deformidad es menor (en caso de que se produzca) y la técnica de tenodesis es de mayor dificultad.

En el presente estudio se ha estudiado la asociación entre la presencia de deformidad estética y la satisfacción percibida por el paciente, tanto en el grupo tenotomía, como en el grupo tenodesis, y también en el global de la

muestra. No se han hallado diferencias en la satisfacción en función de la deformidad en ninguno de los grupos ni en el global de pacientes. En el grupo tenodesis, la satisfacción era la norma pese a la presencia de deformidad.

9.8.7 Asociación de la deformidad estética con efectos secundarios

Habitualmente en la bibliografía, los autores expresan la presencia de efectos secundarios (dolor bicipital, calambres, ...) en función de la técnica quirúrgica empleada y no especifican si aprecian mayor incidencia en los casos de deformidad estética. Cabe recordar que realizar tenotomía no es sinónimo de deformidad estética. Sin embargo, la bibliografía consultada no clasifica la presencia de efectos secundarios con respecto a la presencia de signo de Popeye.

En el presente estudio se ha analizado si la presencia de descenso del vientre muscular influye por sí sola en una evolución postoperatoria diferente en el grupo tenotomía, en el grupo tenodesis y en el global de la muestra. Se analiza en este apartado la asociación con efectos secundarios tales como dolor en la corredera, calambres en el bíceps o mayor dolor.

Según se puede apreciar en la tabla 60, cuando se estudia en el grupo tenotomía la presencia de deformidad estética, paradójicamente parece alcanzar mejores resultados clínicos en cuanto a las escalas de valoración postoperatoria, siendo la diferencia estadísticamente significativa en la escala SSI a favor de la presencia de deformidad estética (alcanzan mejor resultado). En el caso de la escala de dolor EVA, la presencia de deformidad lleva a valoraciones inferiores de dolor, rozando la significación estadística.

En el caso de la valoración en el grupo tenodesis, como se aprecia en la tabla 61, no se aprecian diferencias clínicas ni en complicaciones en la

evolución a los doce meses ante la presencia o ausencia de deformidad estética.

En el global de pacientes, tabla 62, no se aprecian diferencias en los resultados en las escalas de valoración clínica ni la presencia de calambres ni dolor en la corredera bicipital en relación con la presencia o ausencia del descenso del vientre muscular del bíceps. El dolor medido en la escala EVA, parece ser inferior en el caso de que exista deformidad, pero sin alcanzar la significación estadística.

9.8.8 Asociación de la deformidad estética con los parámetros biomecánicos

Como se puede apreciar en las tablas 60, 61 y 62, las diferencias en los parámetros biomecánicos ante la presencia o ausencia de deformidad estética son mínimos. No se ha apreciado una diferencia en la capacidad de CVM, SVM ni tiempo de fatiga ante la presencia o ausencia de deformidad estética. Se puede apreciar una mayor mejoría en la diferencia y razón entre los valores de CVM prefatiga a los 12 meses con respecto al preoperatorio en el caso de la presencia de deformidad estética: si hay deformidad, la mejoría de CVM prefatiga es mayor, tanto en el grupo tenotomía como en el grupo tenodesis. Al analizar todos los pacientes juntos, la diferencia se puede apreciar en la diferencia entre los valores de CVM pre y postfatiga, a favor de la presencia de deformidad estética: se pierde menos capacidad de CVM tras la fatiga en el grupo con deformidad estética.

9.9 Dolor anterior

El dolor persistente es una de las complicaciones posibles tras la actuación quirúrgica sobre la PLB. Tradicionalmente, esta complicación se ha asociado con la realización de tenodesis de la PLB⁸⁷, siendo su incidencia similar a los casos de calambres dolorosos en el caso de las tenotomías.

Oh *et al.*⁹⁸, en base a los resultados de su estudio, sugieren realizar tenotomía en los casos en que el paciente presente dolor bicipital en la corredera en la valoración prequirúrgica, dado que el tendón puede aportar cierto grado de dolor por la lesión anatomopatológica (desgarros y sinovitis) o por el tejido circundante. No recomiendan en estos casos realizar desbridamiento de la lesión ni tampoco realizar tenodesis suprapectoriales.

Biz *et al.*⁹⁷ cuantificaron la incidencia de este tipo de dolor en un 6,9% de los casos intervenidos mediante tenotomía de la PLB, porcentaje inferior a los pacientes intervenidos mediante tenodesis blanda al intervalo rotador (20%) o al subescapular (16,6%).

Una de las causas de dolor anterior persistente tras la tenodesis es la persistencia de lesión en el tendón remanente. A este respecto, Moon *et al.*¹²⁸ realizaron un estudio anatomopatológico de los tendones de la PLB resecados al realizar tenodesis subpectoral. Llegaron a la conclusión de que la región proximal del tendón de la PLB presenta signos de desgarros y sinovitis intrasustancia en el espacio distal a la corredera, por lo que critica las técnicas de tenodesis suprapectoriales por mantener mayor trayecto de este tendón, que pueden ser causa de dolor persistente.

Delle Rose *et al.*¹¹⁹, para demostrar la afectación del tendón remanente de la PLB realizaron un estudio ecográfico de los pacientes en los que realizaron tenodesis blanda, informando de una afectación importante de la misma. En un 85% de los casos apreciaron cierto componente de tenosinovitis, tendinosis o ambas en el tendón remanente, pese a ser asintomático. Los autores también

informan de que el dolor anterior es un hallazgo contante en todos los pacientes en los que realiza tenodesis blanda durante los dos primeros meses postoperatorios, incrementando por ello el tiempo de rehabilitación.

Analizando las causas de la cirugía de revisión, Gregory *et al.*¹⁰³ encontraron un 66,6% de casos en los que la revisión quirúrgica era motivada por el dolor persistente tras la tenodesis previa, y un 33,3% por rotura del bíceps previamente tenodesado. En estos pacientes, el autor realizó una tenodesis subpectoral para resolución del problema, con un 93,3% de resultados satisfactorios.

En el presente estudio se ha obtenido una incidencia de dolor persistente en la corredera bicipital del 18,2% en los casos de tenotomía y del 30,7% en las tenodesis, sin diferencias estadísticas (ver tabla 57). Estos hallazgos son comparables a los apreciados por Hsu *et al.*¹³⁰, quienes identificaron este dolor anterior en los casos de tenotomías en un 17%, porcentaje inferior al apreciado en el grupo tratado mediante tenodesis (24%). Los autores calcularon un riesgo relativo de 1,4 de padecer este dolor en el caso de realizar tenodesis.

Las tenodesis del presente estudio se han realizado mediante la técnica de tornillo interferencial en región suprapectoral, a la salida de la corredera bicipital. A pesar de la incidencia del 30,7% de dolor persistente en la corredera bicipital, ninguno de estos casos ha requerido reintervención por este motivo. Este dato es similar al aportado por Mazzocca *et al.*¹⁰¹ en el que aprecian un 22% de dolor persistente tras tenodesis, pero no requiriendo reintervención por este motivo en ningún caso.

Como se ha comentado en el apartado 8.8.7, no se aprecia mayor incidencia de dolor en la corredera en los casos de deformidad estética.

9.10 Calambres dolorosos

La presencia de calambres dolorosos tras la actuación sobre la PLB es una conocida complicación que la bibliografía aprecia en mayor cuantía en los casos donde se ha realizado tenotomía de la PLB¹²⁵, presentando un riesgo relativo de 0,51 en contra de la realización de tenotomía. Por el contrario, otros autores no han encontrado diferencias entre los pacientes intervenidos mediante tenotomía o tenodesis^{10,25,26,85,98}.

Kelly *et al.*²⁴ observaron esta complicación en un 37,5% de los pacientes intervenidos mediante tenotomía de la PLB. Los autores especificaron que lo aprecian con el brazo en contracción, dado que en reposo ninguno de los pacientes presentaba esta complicación.

Koh *et al.*²⁵ cuantifican los calambres dolorosos en un 9,7% de las tenotomías (4/41 casos) y en un 4,6% de las tenodesis (2/43 casos).

La presencia de calambres dolorosos al final del presente estudio ha sido del 14,3% de los casos del grupo tenotomía y del 23% de los casos del grupo tenodesis, sin diferencias estadísticas entre ambos. Estos hallazgos son similares a los aportados por Duff *et al.*⁸⁵, que apreciaron un 19% de casos de calambres dolorosos en los pacientes intervenidos mediante tenotomía (un 11% de casos severos).

La presencia de esta complicación en función de la edad del paciente fue motivo de estudio por parte de Kelly *et al.*²⁴, donde apreciaron mayor presencia en pacientes menores de 40 años (en un 64% de los casos), mientras que el pacientes entre 40 y 60 años el porcentaje era menor (un 42%). No apreciaron ningún caso por encima de 60 años. En el presente estudio, la edad media de los pacientes que presentaron esta complicación ha sido de 55,5 años, similar a la edad media de ambos grupos de estudio.

Según diferentes autores^{26,98}, los calambres son importantes al inicio del postoperatorio, pero mejoran con el tiempo. The *et al.*²², en su estudio a largo plazo, lo cuantificaron en un 0%.

Algunos autores^{24,61,99} especifican que los calambres dolorosos los aprecian durante la contracción activa del bíceps, mientras que no lo aprecian en reposo. En el presente estudio hemos tenido presente este dato, considerando los casos tanto si el paciente lo refiere en reposo o en contracción. En tres de los siete casos el paciente definió la intensidad de los calambres como molestia leve o de poca duración.

Como se ha comentado en el capítulo 8.8.7, no se aprecia mayor incidencia de calambres en el bíceps en los casos de deformidad estética.

9.11 Patología concomitante

En la bibliografía es habitual encontrar artículos que analizan los resultados clínicos tras la actuación quirúrgica sobre la PLB, tanto tenotomía como tenodesis, pero lo más frecuente es que estudien esta intervención en relación a otras actuaciones quirúrgicas concomitantes en la articulación del hombro: reparación del manguito rotador, lesiones SLAP, acromioplastias, resecciones de clavícula distal, etc. y no como actuación aislada. De hecho, entre los artículos incluidos en la revisión sistemática de Ge *et al.*¹²⁵, únicamente un artículo¹¹⁹ investigaba sobre la actuación aislada sobre la PLB. Esto es así por la alta asociación de la patología de la PLB con alteraciones de otras estructuras de la articulación del hombro.

Una de las estructuras más frecuentemente involucradas en la patogenia de la lesión de la PLB es el manguito rotador, dado que está íntimamente relacionado con la estabilidad de la PLB. Existen autores^{25,26,84,106} que llegan a encontrar esta asociación en un 100% de los pacientes donde una actuación sobre la PLB había sido llevada a cabo. Algunos otros autores

presentan una asociación inferior, pero en un porcentaje no desdeñable. The *et al.*²² aprecia una asociación con la rotura del manguito rotador en un 89% de los casos donde realizó tenotomía de la PLB.

La asociación de la patología de PLB con rotura de manguito rotador, según Mazzocca *et al.*¹⁰¹, lleva a resultados clínicos peores que si no existe asociación. Estos autores aprecian diferencias estadísticas entre las puntuaciones obtenidas en las escalas ASES y SST entre los pacientes con o sin patología asociada del manguito rotador. Existen autores^{86,106,118,119} que abogan por la reparación conjunta de ambas lesiones, incluyendo la PLB en la reparación de la rotura del manguito a modo de tenodesis blanda, con buenos resultados clínicos y tasas muy bajas de deformidad estética o fallo de la tenodesis. Edwards *et al.*¹⁶¹ analizaron los casos en que se afectaba la PLB en concomitancia específicamente con el tendón del subescapular, llegando a la conclusión de que cualquier intervención sobre la PLB (tenotomía, tenodesis o recentrado) mejoraban por sí sola el resultado clínico.

La realización de tenotomía de la PLB aislada en los casos de rotura de manguito irreparables llevan a mejores resultados clínicos, como pudieron apreciar Walch *et al.*⁸. Obtuvieron un 86% de buenos y excelentes resultados con la tenotomía sin intento reparador del manguito.

Las lesiones SLAP también son lesiones asociadas a la patología de la PLB, y, en muchas ocasiones, son la causa de esta lesión. Boileau *et al.*¹⁰⁵ llegaron a la conclusión de que la realización de tenodesis de la PLB obtenía mejores resultados que la reparación de la misma. De la misma manera, Franceschi *et al.*⁸⁴ abogaban por la tenotomía de la PLB sobre la reparación del SLAP en mayores de 50 años, por los mejores resultados clínicos apreciados.

Uno de los pocos artículos que mencionan actuación aislada sobre la PLB es Delle Rose *et al.*¹¹⁹, que presentaron un estudio retrospectivo de 48 tenotomías y 56 tenodesis aisladas, que resulta interesante para poder analizar el resultado sin el potencial factor de confusión que podría introducir la patología concomitante. Sin embargo, los autores afirman que podría ser un factor de

confusión la diversidad de indicaciones por las cuales se realizaron las intervenciones sobre la PLB (lesiones SLAP, lesiones de la corredera, tendinosis, roturas parciales de la PLB, ...).

En el presente estudio se han analizado los casos intervenidos por patología de la PLB en asociación con otros procesos concomitantes. El más frecuente entre ellos era la asociación con patología del manguito rotador, presente en el 100% de los casos del estudio, porcentaje similar a los autores ya mencionados^{25,26,84,162}. En la tabla 4 se muestran las patologías concomitantes y las actuaciones quirúrgicas complementarias a la actuación sobre la PLB que se han llevado a cabo en los dos grupos. En ella se puede apreciar una distribución similar en ambos grupos.

Uno de los puntos fuertes del presente estudio es la aleatorización de la muestra, que, por probabilidad, aleatoriza también los casos de la patología concomitante en ambos grupos por igual, por lo que anula (o por lo menos minimiza) el posible factor de confusión que podría ser la patología concomitante.

9.12 Complicaciones y reintervenciones.

Como es lógico, cualquier intervención quirúrgica es susceptible de presentar complicaciones intraoperatorias o postquirúrgicas.

En la bibliografía, diversos autores detallan la incidencia de reintervenciones en sus series de pacientes. Sanders *et al.*¹⁴³ apreciaron una tasa de reintervención global ante la actuación sobre la PLB del 12%. Este porcentaje lo subdividen en función del tipo de actuación: 35,7% en tenodesis artroscópica proximal, 12,5% en tenodesis proximal abierta con vaina intacta, 0% en tenodesis proximal abierta con liberación de vaina, 8,7% en las tenotomías, 2,7% en tenodesis subpectoral abierta.

Friedman *et al.*⁶⁰ apreciaron una tasa de revisiones del 12% si la tenodesis se lleva a cabo de forma proximal en la corredera bicipital, mientras que si es distal a la corredera, la tasa que aprecia es del 2,7%.

En un estudio antiguo, Becker *et al.*¹⁴⁴ apreciaron un 50% de malos resultados realizando tenodesis de la PLB mediante la técnica *keyhole*, con una tasa de revisión del 15%.

Nho *et al.*¹⁰⁹ presentaron una tasa de revisión del 2% a dos años de la tenodesis subpectoral (siete casos de 353). Dos de estos casos fueron por dolor bicipital persistente y dos por fallo de la fijación, con deformidad estética consiguiente.

Virk *et al.*¹²⁷ analizaron las posibles causas de revisión en las tenodesis, clasificándolas en las comunes para todo tipo de tenodesis: diferencia longitud-tensión, pérdida de fijación con deformidad, dolor en el bíceps, rigidez, infección, hematoma, daño neurológico, daño vascular y distrofia simpáticorrefleja; y las complicaciones relacionadas con el implante: dolor en la corredera, fractura, fallo del implante y reacción al tornillo reabsorbible.

En cuanto a las reintervenciones en tenotomías, Gill *et al.*¹⁶³ aprecia una tasa de reintervenciones del 13,3% (4 casos). Uno de estos casos fue por deformidad estética no tolerada por el paciente, que requirió tenodesis; y un caso por dolor persistente.

En el presente estudio se ha obtenido una tasa de complicaciones que se expone en los apartados 8.8 al 8.10. Como se detalla en la tabla 69, se han apreciado dos complicaciones: un caso de neumotórax por la realización del plexo cervical anestésico, y un caso de infección profunda. La tasa de reintervención ha sido del 2,6%: únicamente el caso de infección profunda, que requirió dos desbridamientos quirúrgicos mediante cirugía abierta, por abordaje deltopectoral.

9.13 Limitaciones del estudio

El presente estudio no está exento de limitaciones, que a continuación se van a exponer y discutir.

La primera de ellas es el limitado número de pacientes incluidos. Al concluir el estudio han sido objeto de análisis 23 pacientes donde se ha realizado tenotomía de la PLB y 15 donde se ha realizado tenodesis. Un total de 38 pacientes, en un estudio donde el cálculo del tamaño muestral pedía 50 pacientes en total, 25 por grupo. Cabe recordar que el cálculo del tamaño muestral se hizo en base a un estudio piloto de 9 casos, del que se desprendía una desviación típica del parámetro principal del estudio (tiempo de fatiga del bíceps a los doce meses) de 50 segundos. Al concluir el seguimiento del presente estudio se ha vuelto a analizar la desviación típica del parámetro principal y ha resultado ser de 36,42 segundos (ver tabla 9). Si se realiza de nuevo el cálculo del tamaño muestral a partir de esta desviación típica, para detectar una diferencia de medidas de 40 segundos, utilizando un nivel de significación $\alpha = 0,05$ con una potencia del 80%, se necesita observar a 13 pacientes por grupo, 26 en total. Con este nuevo ajuste sobre la base de los resultados apreciados, los pacientes incluidos son suficientes para realizar el estudio. La pérdida de seguimiento de pacientes ha sido de 4 pacientes, un 8,8% de los 45 sujetos que iniciaron el estudio, porcentaje inferior al 20% globalmente aceptado como punto de corte a partir del cual se pone en entredicho la validez del estudio. Este porcentaje se subdivide en una pérdida del 4,1% en la rama del grupo tenotomía y del 14,2% en la rama del grupo tenodesis.

En la bibliografía se pueden encontrar autores^{21,60,146} que publican sus resultados en base a un número de pacientes similar o inferior a los incluidos en el presente estudio.

La segunda limitación del estudio es el relativamente corto período de seguimiento postoperatorio de los pacientes, un año. Como se detalla en los

capítulos 2.5.1.3 y 8.1.2, existen una serie de mecanismos adaptativos que llevan a una mejoría paulatina de los resultados funcionales biomecánicos y clínicos con el transcurso del tiempo. Como se puede apreciar en los apartados 7.2.5, 7.3.5, 7.4.5 y 7.5.2, los resultados siempre siguen una evolución hacia la mejoría sin llegar a apreciarse una meseta de estabilización. Ello hace sospechar que el proceso de mejoría continúa más allá de los doce meses postoperatorios, por lo que sería interesante estudiar esta evolución a medio y largo plazo. Sobre la base de los resultados aportados por el registro de reparaciones del manguito rotador del *Hospital for Special Surgery*¹⁶⁴, es necesario un seguimiento de al menos dos años, aunque es deseable que sean cinco años para valorar los cambios radiológicos y clínicos.

En la bibliografía consultada, el período de seguimiento que relatan la mayoría de los autores^{25,26,98,106,137} es de dos años. Algunos autores analizan a más largo plazo, como Friedman *et al.*⁶⁰, que especifica que el seguimiento es de más de dos años, o incluso The *et al.*²², que refiere un seguimiento medio de siete años. Por el contrario, hay autores, como Shank *et al.*²¹ que presentan resultados con un seguimiento de únicamente seis meses.

La tercera limitación ha sido la necesidad de excluir del análisis estadístico tres pacientes del grupo tenodesis para poder hacer comparables los grupos de base antes de realizar el estudio estadístico.

La cuarta limitación del estudio es haber incluido únicamente pacientes varones. Como se ha comentado en el apartado 8.8.2, existen diferencias entre sexos en los parámetros biomecánicos (en mujeres se aprecia menor capacidad de CVM y SVM; mayor tiempo de fatiga) y clínicos postoperatorios, por lo que la extrapolación de los resultados del presente estudio a la población general debe ser cuidadoso, limitado a los pacientes con las características definidas en los criterios de inclusión.

La quinta limitación, que puede dificultar la extrapolación de datos, es la técnica empleada de tenodesis de la PLB, mediante tornillo interferencial a la salida de la corredera bicipital. Como se ha detallado en los apartados 2.5.2.1.

y 8.4, existen múltiples dispositivos para realizar la tenodesis del bíceps y son varias las localizaciones donde puede realizarse. Es posible que realizar la tenodesis de una manera distinta a lo especificado en el presente estudio pueda alterar los resultados tanto clínicos como biomecánicos.

La sexta y última limitación es el reclutamiento de pacientes en un entorno laboral, algunos de ellos con mayor riesgo de ganancia secundaria que puede afectar negativamente a las escalas de valoración clínica postoperatorias y a la colaboración en los test biomecánicos realizados. Se ha analizado una distribución total del porcentaje de pacientes laborales en ambos grupos, sin diferencias estadísticas, como se puede apreciar en la tabla 3. La aleatorización, en este caso, ha resultado efectiva al distribuir esta variable de forma similar en ambos grupos, por lo que en posible sesgo por variable de confusión se minimiza.

Conclusiones

10 Conclusiones

En vista de los resultados obtenidos en el presente ensayo clínico, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

Conclusiones sobre la biomecánica:

- El tiempo de fatiga hasta la claudicación del bíceps es menor en los pacientes intervenidos mediante tenotomía de la PLB a los doce meses de la intervención. Se fatigan antes los pacientes donde se ha realizado tenotomía de la PLB que aquellos en los que se ha realizado tenodesis.
- El tiempo de fatiga a los doce meses mejora (aumenta) con respecto al preoperatorio en los pacientes intervenidos mediante tenodesis, mientras que empeora (disminuye) en los intervenidos mediante tenotomía.
- La fuerza de contracción isométrica del codo aumenta gradualmente tras la intervención quirúrgica, superando los valores preoperatorios a partir del sexto mes, tanto en los pacientes intervenidos mediante tenotomía de la porción larga del bíceps como en los intervenidos mediante tenodesis, pero sin diferencias entre ambos grupos. Esto es así tanto en el estudio en reposo como tras la realización del test fatigante.
- La fuerza de supinación del antebrazo se modifica tras la intervención sobre la porción larga del bíceps. A los doce meses de la intervención, existe mejor función supinadora tras la fatiga en el brazo intervenido mediante tenodesis que en el que se ha practicado la tenotomía.
- La mejoría del valor postoperatorio de supinación máxima con respecto al preoperatorio es mayor en el grupo tenodesis, a partir del tercer mes postoperatorio. Esta diferencia es más acusada en el estudio con el brazo fatigado.

- No hay diferencias biomecánicas entre los pacientes con o sin deformidad estética.

Conclusiones sobre los parámetros clínicos:

- Ambos grupos de tratamiento, tenotomía y tenodesis, mejoran clínicamente tras la intervención, tanto en los parámetros de dolor, como en las escalas de valoración funcional de Constant, SSI y UCLA, sin diferencias entre los grupos.
- Existe una alta satisfacción por parte de los pacientes tras la intervención, sin diferencias entre los grupos.
- No hay diferencias entre los grupos en la presencia de dolor residual en la corredera ni en los calambres musculares del bíceps tras las intervenciones. Tampoco hay diferencias entre las complicaciones o reintervenciones entre los grupos.

Conclusiones relacionadas con la deformidad estética:

- La presencia de deformidad estética del bíceps (signo de Popeye) es mayor en el grupo tenotomía (56,5%) que en el grupo tenodesis (13,3%).
- Únicamente el 27% de los pacientes con deformidad estética se habían percatado de su presencia.
- La medición de rutina de la distancia entre el ápex del bíceps (punto de mayor volumen) hasta el olécranon cuando el brazo está en 90° de abducción y 90° de flexión es útil para objetivar la presencia de deformidad estética. Puede afirmarse la presencia de la deformidad si la diferencia de este valor con respecto al brazo sano es mayor a 1,5 cm.

Bibliografía

11 Bibliografía

1. O'Brien. SJ. Anatomía evolutiva del hombro y anatomía de la articulación glenohumeral Hombro: Elsevier; 2004:1-31.
2. Latarjet M, Liard AR. Anatomía humana: Editorial Médica Panamericana; 2006:529-36.
3. Seghers J, Spaepen A, Delecluse C, Colman V. Habitual level of physical activity and muscle fatigue of the elbow flexor muscles in older men. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:427-34.
4. Habermayer P KE, Knappe M, et al. Functional anatomy and biomechanics of the long biceps tendon, *Unfallchir.* 1987;90:319-29.
5. Braun S, Millett PJ, Yongpravat C, et al. Biomechanical evaluation of shear force vectors leading to injury of the biceps reflection pulley: a biplane fluoroscopy study on cadaveric shoulders. *Am J Sports Med* 2010;38:1015-24.
6. Pfahler M, Branner S, Refior HJ. The role of the bicipital groove in tendopathy of the long biceps tendon. *J Shoulder Elbow Surg* 1999;8:419-24.
7. Sethi N, Wright R, Yamaguchi K. Disorders of the long head of the biceps tendon. *J Shoulder Elbow Surg* 1999;8:644-54.
8. Walch G, Edwards TB, Boulahia A, Nove-Josserand L, Neyton L, Szabo I. Arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps in the treatment of rotator cuff tears: clinical and radiographic results of 307 cases. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;14:238-46.
9. Romeo AA, Mazzocca AD, Tauro JC. Arthroscopic biceps tenodesis. *Arthroscopy* 2004;20:206-13.
10. Osbahr DC, Diamond AB, Speer KP. The cosmetic appearance of the biceps muscle after long-head tenotomy versus tenodesis. *Arthroscopy* 2002;18:483-7.
11. Levy AS, Kelly BT, Lintner SA, Osbahr DC, Speer KP. Function of the long head of the biceps at the shoulder: electromyographic analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2001;10:250-5.

12. Pagnani MJ, Deng XH, Warren RF, Torzilli PA, O'Brien SJ. Role of the long head of the biceps brachii in glenohumeral stability: a biomechanical study in cadavera. *J Shoulder Elbow Surg* 1996;5:255-62.
13. Itoi E, Kuechle DK, Newman SR, Morrey BF, An KN. Stabilising function of the biceps in stable and unstable shoulders. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75:546-50.
14. Youm T, ElAttrache NS, Tibone JE, McGarry MH, Lee TQ. The effect of the long head of the biceps on glenohumeral kinematics. *J Shoulder Elbow Surg* 2009;18:122-9.
15. Rodosky MW, Harner CD, Fu FH. The role of the long head of the biceps muscle and superior glenoid labrum in anterior stability of the shoulder. *Am J Sports Med* 1994;22:121-30.
16. Kumar VP, Satku K, Balasubramaniam P. The role of the long head of biceps brachii in the stabilization of the head of the humerus. *Clin Orthop Relat Res* 1989:172-5.
17. Elser F, Braun S, Dewing CB, Giphart JE, Millett PJ. Anatomy, function, injuries, and treatment of the long head of the biceps brachii tendon. *Arthroscopy* 2011;27:581-92.
18. Warner JJ, McMahon PJ. The role of the long head of the biceps brachii in superior stability of the glenohumeral joint. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77:366-72.
19. Andrews JR, Carson WG, Jr., McLeod WD. Glenoid labrum tears related to the long head of the biceps. *Am J Sports Med* 1985;13:337-41.
20. Kido T, Itoi E, Konno N, Sano A, Urayama M, Sato K. The depressor function of biceps on the head of the humerus in shoulders with tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82:416-9.
21. Shank JR, Singleton SB, Braun S, et al. A comparison of forearm supination and elbow flexion strength in patients with long head of the biceps tenotomy or tenodesis. *Arthroscopy* 2011;27:9-16.

22. The B, Bratty M, Wang A, Campbell PT, Halliday MJ, Ackland TR. Long-term functional results and isokinetic strength evaluation after arthroscopic tenotomy of the long head of biceps tendon. *Int J Shoulder Surg* 2014;8:76-80.
23. Wittstein JR, Queen R, Abbey A, Toth A, Moorman CT, 3rd. Isokinetic strength, endurance, and subjective outcomes after biceps tenotomy versus tenodesis: a postoperative study. *Am J Sports Med* 2011;39:857-65.
24. Kelly AM, Drakos MC, Fealy S, Taylor SA, O'Brien SJ. Arthroscopic release of the long head of the biceps tendon: functional outcome and clinical results. *Am J Sports Med* 2005;33:208-13.
25. Koh KH, Ahn JH, Kim SM, Yoo JC. Treatment of biceps tendon lesions in the setting of rotator cuff tears: prospective cohort study of tenotomy versus tenodesis. *Am J Sports Med* 2010;38:1584-90.
26. Zhang Q, Zhou J, Ge H, Cheng B. Tenotomy or tenodesis for long head biceps lesions in shoulders with reparable rotator cuff tears: a prospective randomised trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23:464-9.
27. Sakurai G, Ozaki J, Tomita Y, Nishimoto K, Tamai S. Electromyographic analysis of shoulder joint function of the biceps brachii muscle during isometric contraction. *Clin Orthop Relat Res* 1998:123-31.
28. Yamaguchi K, Riew KD, Galatz LM, Syme JA, Neviaser RJ. Biceps activity during shoulder motion: an electromyographic analysis. *Clin Orthop Relat Res* 1997:122-9.
29. Jobe FW, Moynes DR, Tibone JE, Perry J. An EMG analysis of the shoulder in pitching. A second report. *Am J Sports Med* 1984;12:218-20.
30. Glousman R, Jobe F, Tibone J, Moynes D, Antonelli D, Perry J. Dynamic electromyographic analysis of the throwing shoulder with glenohumeral instability. *J Bone Joint Surg Am* 1988;70:220-6.
31. Tresguerres JAF, Hernández JÁFT. *Fisiología humana*: McGraw-Hill Interamericana; 2006.
32. Vandervoort AA. Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve* 2002;25:17-25.

33. De Luca A, Mambrini M, Conte Camerino D. Changes in membrane ionic conductances and excitability characteristics of rat skeletal muscle during aging. *Pflugers Arch* 1990;415:642-4.
34. Smith DO. Physiological and structural changes at the neuromuscular junction during aging. In: *The Aging Brain -Cellular and Molecular Mechanisms of Aging in the Nervous System* New York: Raven, 1982:123-37.
35. Cupido CM, Hicks AL, Martin J. Neuromuscular fatigue during repetitive stimulation in elderly and young adults. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992;65:567-72.
36. Hicks AL, Cupido CM, Martin J, Dent J. Muscle excitation in elderly adults: the effects of training. *Muscle Nerve* 1992;15:87-93.
37. Bilodeau M, Henderson TK, Nolte BE, Pursley PJ, Sandfort GL. Effect of aging on fatigue characteristics of elbow flexor muscles during sustained submaximal contraction. *J Appl Physiol* 2001;91:2654-64.
38. Roos MR, Rice CL, Vandervoort AA. Age-related changes in motor unit function. *Muscle Nerve* 1997;20:679-90.
39. Narici MV, Bordini M, Cerretelli P. Effect of aging on human adductor pollicis muscle function. *J Appl Physiol* 1991;71:1277-81.
40. Roos MR, Rice CL, Connelly DM, Vandervoort AA. Quadriceps muscle strength, contractile properties, and motor unit firing rates in young and old men. *Muscle Nerve* 1999;22:1094-103.
41. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol* 1992;72:1631-48.
42. Taylor JL, Todd G, Gandevia SC. Evidence for a supraspinal contribution to human muscle fatigue. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 2006;33:400-5.
43. Taylor JL, Gandevia SC. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *J Appl Physiol* 2008;104:542-50.
44. Gandevia SC, Allen GM, McKenzie DK. Central fatigue. Critical issues, quantification and practical implications. *Adv Exp Med Biol* 1995;384:281-94.

45. Kent-Braun JA. Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999;80:57-63.
46. Zwarts MJ, Bleijenberg G, van Engelen BG. Clinical neurophysiology of fatigue. *Clin Neurophysiol* 2008;119:2-10.
47. Gandevia SC. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiol Rev* 2001;81:1725-89.
48. Garland SJ, Kaufman MP. Role of muscle afferents in the inhibition of motoneurons during fatigue. *Adv Exp Med Biol* 1995;384:271-8.
49. Taylor JL, Butler JE, Gandevia SC. Changes in muscle afferents, motoneurons and motor drive during muscle fatigue. *Eur J Appl Physiol* 2000;83:106-15.
50. Howard JD, Enoka RM. Maximum bilateral contractions are modified by neurally mediated interlimb effects. *J Appl Physiol* 1991;70:306-16.
51. Sejersted OM, Hargens AR, Kardel KR, Blom P, Jensen O, Hermansen L. Intramuscular fluid pressure during isometric contraction of human skeletal muscle. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 1984;56:287-95.
52. Moussavi RS, Carson PJ, Boska MD, Weiner MW, Miller RG. Nonmetabolic fatigue in exercising human muscle. *Neurology* 1989;39:1222-6.
53. Milner-Brown HS, Stein RB, Lee RG. Synchronization of human motor units: possible roles of exercise and supraspinal reflexes. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1975;38:245-54.
54. Ribeiro JP, Fielding RA, Hughes V, Black A, Bochese MA, Knuttgen HG. Heart rate break point may coincide with the anaerobic and not the aerobic threshold. *Int J Sports Med* 1985;6:220-4.
55. Hunter SK, Enoka RM. Sex differences in the fatigability of arm muscles depends on absolute force during isometric contractions. *J Appl Physiol* 2001;91:2686-94.
56. Hunter SK, Critchlow A, Shin IS, Enoka RM. Fatigability of the elbow flexor muscles for a sustained submaximal contraction is similar in men and women matched for strength. *J Appl Physiol* 2004;96:195-202.

57. Hunter SK, Critchlow A, Enoka RM. Muscle endurance is greater for old men compared with strength-matched young men. *J Appl Physiol* 2005;99:890-7.
58. Bilodeau M, Erb MD, Nichols JM, Joiner KL, Weeks JB. Fatigue of elbow flexor muscles in younger and older adults. *Muscle Nerve* 2001;24:98-106.
59. Fuglevand AJ, Zackowski KM, Huey KA, Enoka RM. Impairment of neuromuscular propagation during human fatiguing contractions at submaximal forces. *J Physiol* 1993;460:549-72.
60. Friedman JL, FitzPatrick JL, Rylander LS, Bennett C, Vidal AF, McCarty EC. Biceps Tenotomy Versus Tenodesis in Active Patients Younger Than 55 Years: Is There a Difference in Strength and Outcomes? *Orthop J Sports Med* 2015;3:2325967115570848.
61. Drakos MC, Verma NN, Gulotta LV, et al. Arthroscopic transfer of the long head of the biceps tendon: functional outcome and clinical results. *Arthroscopy* 2008;24:217-23.
62. Favorito PJ, Harding WG, 3rd, Heidt RS, Jr. Complete arthroscopic examination of the long head of the biceps tendon. *Arthroscopy* 2001;17:430-2.
63. Boileau P, Ahrens PM, Hatzidakis AM. Entrapment of the long head of the biceps tendon: the hourglass biceps--a cause of pain and locking of the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg* 2004;13:249-57.
64. Cheng NM, Pan WR, Vally F, Le Roux CM, Richardson MD. The arterial supply of the long head of biceps tendon: Anatomical study with implications for tendon rupture. *Clin Anat* 2010;23:683-92.
65. Bennett WF. Subscapularis, medial, and lateral head coracohumeral ligament insertion anatomy. Arthroscopic appearance and incidence of "hidden" rotator interval lesions. *Arthroscopy* 2001;17:173-80.
66. Lafosse L, Reiland Y, Baier GP, Toussaint B, Jost B. Anterior and posterior instability of the long head of the biceps tendon in rotator cuff tears: a new classification based on arthroscopic observations. *Arthroscopy* 2007;23:73-80.

67. Habermeyer P, Magosch P, Pritsch M, Scheibel MT, Lichtenberg S. Anterosuperior impingement of the shoulder as a result of pulley lesions: a prospective arthroscopic study. *J Shoulder Elbow Surg* 2004;13:5-12.
68. Bennett WF. Arthroscopic repair of isolated subscapularis tears: A prospective cohort with 2- to 4-year follow-up. *Arthroscopy* 2003;19:131-43.
69. Snyder SJ, Karzel RP, Del Pizzo W, Ferkel RD, Friedman MJ. SLAP lesions of the shoulder. *Arthroscopy* 1990;6:274-9.
70. Pfirrmann CW, Zanetti M, Weishaupt D, Gerber C, Hodler J. Subscapularis tendon tears: detection and grading at MR arthrography. *Radiology* 1999;213:709-14.
71. Teefey SA, Hasan SA, Middleton WD, Patel M, Wright RW, Yamaguchi K. Ultrasonography of the rotator cuff. A comparison of ultrasonographic and arthroscopic findings in one hundred consecutive cases. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82:498-504.
72. Skendzel JG, Jacobson JA, Carpenter JE, Miller BS. Long head of biceps brachii tendon evaluation: accuracy of preoperative ultrasound. *AJR Am J Roentgenol* 2011;197:942-8.
73. Mohtadi NG, Vellet AD, Clark ML, et al. A prospective, double-blind comparison of magnetic resonance imaging and arthroscopy in the evaluation of patients presenting with shoulder pain. *J Shoulder Elbow Surg* 2004;13:258-65.
74. Hashiuchi T, Sakurai G, Morimoto M, Komei T, Takakura Y, Tanaka Y. Accuracy of the biceps tendon sheath injection: ultrasound-guided or unguided injection? A randomized controlled trial. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20:1069-73.
75. Tallia AF, Cardone DA. Diagnostic and therapeutic injection of the shoulder region. *Am Fam Physician* 2003;67:1271-8.
76. Skedros JG, Hunt KJ, Pitts TC. Variations in corticosteroid/anesthetic injections for painful shoulder conditions: comparisons among orthopaedic surgeons, rheumatologists, and physical medicine and primary-care physicians. *BMC Musculoskelet Disord* 2007;8:63.

77. Friedman DJ, Dunn JC, Higgins LD, Warner JJ. Proximal biceps tendon: injuries and management. *Sports Med Arthrosc* 2008;16:162-9.
78. Mariani EM, Cofield RH, Askew LJ, Li GP, Chao EY. Rupture of the tendon of the long head of the biceps brachii. Surgical versus nonsurgical treatment. *Clin Orthop Relat Res* 1988:233-9.
79. Warren RF. Lesions of the long head of the biceps tendon. *Instr Course Lect* 1985;34:204-9.
80. Burkhart SS, Brady PC. Arthroscopic subscapularis repair: surgical tips and pearls A to Z. *Arthroscopy* 2006;22:1014-27.
81. Ruotolo C, Nottage WM, Flatow EL, Gross RM, Fanton GS. Controversial topics in shoulder arthroscopy. *Arthroscopy* 2002;18:65-75.
82. Murthi AM, Vosburgh CL, Neviasser TJ. The incidence of pathologic changes of the long head of the biceps tendon. *J Shoulder Elbow Surg* 2000;9:382-5.
83. Ek ET, Shi LL, Tompson JD, Freehill MT, Warner JJ. Surgical treatment of isolated type II superior labrum anterior-posterior (SLAP) lesions: repair versus biceps tenodesis. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23:1059-65.
84. Franceschi F, Longo UG, Ruzzini L, Rizzello G, Maffulli N, Denaro V. No advantages in repairing a type II superior labrum anterior and posterior (SLAP) lesion when associated with rotator cuff repair in patients over age 50: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2008;36:247-53.
85. Duff SJ, Campbell PT. Patient acceptance of long head of biceps brachii tenotomy. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21:61-5.
86. Franceschi F, Longo UG, Ruzzini L, Papalia R, Rizzello G, Denaro V. To detach the long head of the biceps tendon after tenodesis or not: outcome analysis at the 4-year follow-up of two different techniques. *Int Orthop* 2007;31:537-45.
87. Slenker NR, Lawson K, Ciccotti MG, Dodson CC, Cohen SB. Biceps tenotomy versus tenodesis: clinical outcomes. *Arthroscopy* 2012;28:576-82.

88. Boileau P, Baque F, Valerio L, Ahrens P, Chuinard C, Trojani C. Isolated arthroscopic biceps tenotomy or tenodesis improves symptoms in patients with massive irreparable rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89:747-57.
89. Patel KV, Bravman J, Vidal A, Chrisman A, McCarty E. Biceps Tenotomy Versus Tenodesis. *Clin Sports Med* 2016;35:93-111.
90. Burkhead WZ. The biceps tendon. In: Rockwood CA Jr M, III FA, eds. *The shoulder*, Philadelphia: Saunders, 1990;791-836.
91. Gothelf TK, Bell D, Goldberg JA, et al. Anatomic and biomechanical study of the biceps vinculum, a structure within the biceps sheath. *Arthroscopy* 2009;25:515-21.
92. Kany J, Guinand R, Amaravathi RS, Alassaf I. The keyhole technique for arthroscopic tenodesis of the long head of the biceps tendon. In vivo prospective study with a radio-opaque marker. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015;101:31-4.
93. Bradbury T, Dunn WR, Kuhn JE. Preventing the popeye deformity after release of the long head of the biceps tendon: an alternative technique and biomechanical evaluation. *Arthroscopy* 2008;24:1099-102.
94. Goubier JN, Bihel T, Dubois E, Teboul F. Loop biceps tenotomy: an arthroscopic technique for long head of biceps tenotomy. *Arthrosc Tech* 2014;3:e427-30.
95. Lemos D, Esquivel A, Duncan D, Marsh S, Lemos S. Outlet biceps tenodesis: a new technique for treatment of biceps long head tendon injury. *Arthrosc Tech* 2013;2:e83-8.
96. Narvani AA, Atoun E, Van Tongel A, Sforza G, Levy O. The "anchor shape" technique for long head of the biceps tenotomy to avoid the popeye deformity. *Arthrosc Tech* 2013;2:e167-70.
97. Biz C, Vinanti GB, Rossato A, Arnaldi E, Aldegheri R. Prospective study of three surgical procedures for long head biceps tendinopathy associated with rotator cuff tears. *Muscles Ligaments Tendons J* 2012;2:133-6.
98. Oh JH, Lee YH, Kim SH, et al. Comparison of Treatments for Superior Labrum-Biceps Complex Lesions With Concomitant Rotator Cuff Repair: A

Prospective, Randomized, Comparative Analysis of Debridement, Biceps Tenotomy, and Biceps Tenodesis. *Arthroscopy* 2016;32:958-67.

99. Lim TK, Moon ES, Koh KH, Yoo JC. Patient-related factors and complications after arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps tendon. *Am J Sports Med* 2011;39:783-9.

100. Almeida A, Valin MR, Lotti C, Almeida NIC, Agostini AP. Interprofessional analysis of estetical deformity from long head biceps tenotomy. *Acta Ortop Bras (online)* 2015;23(3):123-8.

101. Mazzocca AD, Cote MP, Arciero CL, Romeo AA, Arciero RA. Clinical outcomes after subpectoral biceps tenodesis with an interference screw. *Am J Sports Med* 2008;36:1922-9.

102. García-Rellán JE, Sánchez-Alepuz, E., De La Calva Ceinos, C., Gallego Márquez, E., García-Rellán, R., Gomar Sancho, F. . Estudio biomecánico in vivo del grupo muscular flexor del codo en condiciones basales y su respuesta a la fatiga. *Rev Esp Cir Ost* 2016;267:103-8.

103. Gregory JM, Harwood DP, Gochanour E, Sherman SL, Romeo AA. Clinical outcomes of revision biceps tenodesis. *Int J Shoulder Surg* 2012;6:45-50.

104. Carroll RE, Hamilton LR. Rupture of the biceps brachii: a conservative method of treatment. *J Bone Surg Am.* 1968;49:1016.

105. Boileau P, Krishnan SG, Coste JS, Walch G. Arthroscopic biceps tenodesis: a new technique using bioabsorbable interference screw fixation. *Arthroscopy* 2002;18:1002-12.

106. De Carli A, Vadala A, Zanzotto E, et al. Reparable rotator cuff tears with concomitant long-head biceps lesions: tenotomy or tenotomy/tenodesis? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20:2553-8.

107. Abraham VT, Tan BH, Kumar VP. Systematic Review of Biceps Tenodesis: Arthroscopic Versus Open. *Arthroscopy* 2016;32:365-71.

108. Gombera MM, Kahlenberg CA, Nair R, Saltzman MD, Terry MA. All-arthroscopic suprapectoral versus open subpectoral tenodesis of the long head of the biceps brachii. *Am J Sports Med* 2015;43:1077-83.

109. Nho SJ, Reiff SN, Verma NN, Slabaugh MA, Mazzocca AD, Romeo AA. Complications associated with subpectoral biceps tenodesis: low rates of incidence following surgery. *J Shoulder Elbow Surg* 2010;19:764-8.
110. Baleani M, Francesconi D, Zani L, Giannini S, Snyder SJ. Suprapectoral biceps tenodesis: a biomechanical comparison of a new "soft anchor" tenodesis technique versus interference screw biceps tendon fixation. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2015;30:188-94.
111. Berlemann U, Bayley I. Tenodesis of the long head of biceps brachii in the painful shoulder: improving results in the long term. *J Shoulder Elbow Surg* 1995;4:429-35.
112. Chiang FL, Hong CK, Chang CH, Lin CL, Jou IM, Su WR. Biomechanical Comparison of All-Suture Anchor Fixation and Interference Screw Technique for Subpectoral Biceps Tenodesis. *Arthroscopy* 2016;32:1247-52.
113. Snir N, Hamula M, Wolfson T, Laible C, Sherman O. Long head of the biceps tenodesis with cortical button technique. *Arthrosc tech* 2013;2:e95-7.
114. Javed S, Gheorghiu D, Walton M. Subpectoral biceps tenodesis using a novel anterior cortical button technique. *Shoulder & elbow* 2018;10:292-5.
115. Kennedy NI, Godin JA, Ferrari MB, et al. Subpectoral Biceps Tenodesis: Interference Screw and Cortical Button Fixation. *Arthrosc tech* 2017;6:e1415-e20.
116. Meadows JR, Diesselhorst MM, Finnoff JT, Swanson BL, Swanson KE. Clinical and Sonographic Evaluation of Bicortical Button for Proximal Biceps Tenodesis. *Am J Orthop* 2016;45:E283-9.
117. Nolte PC, Pister N, Holz F, Egenolf M, Chatterjee T. [Subpectoral tenodesis of the long head of the biceps tendon with an interference screw and a cortical button : Clinical and cosmetic results after 1 year]. *Orthopade* 2017;46:864-71.
118. Checchia SL, Doneux PS, Miyazaki AN, et al. Biceps tenodesis associated with arthroscopic repair of rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 2005;14:138-44.

119. Delle Rose G, Borroni M, Silvestro A, et al. The long head of biceps as a source of pain in active population: tenotomy or tenodesis? A comparison of 2 case series with isolated lesions. *Musculoskelet Surg* 2012;96 Suppl 1:S47-52.
120. Su WR, Budoff JE, Chiang CH, Lee CJ, Lin CL. Biomechanical study comparing biceps wedge tenodesis with other proximal long head of the biceps tenodesis techniques. *Arthroscopy* 2013;29:1498-505.
121. Castagna A, Conti M, Mouhsine E, Bungaro P, Garofalo R. Arthroscopic biceps tendon tenodesis: the anchorage technical note. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006;14:581-5.
122. Post M, Benca P. Primary tendinitis of the long head of the biceps. *Clin Orthop Relat Res* 1989;117-25.
123. Mazzocca AD, Rios CG, Romeo AA, Arciero RA. Subpectoral biceps tenodesis with interference screw fixation. *Arthroscopy* 2005;21:896.
124. Kolz CW, Suter T, Henninger HB. Regional mechanical properties of the long head of the biceps tendon. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2015;30:940-5.
125. Ge H, Zhang Q, Sun Y, Li J, Sun L, Cheng B. Tenotomy or tenodesis for the long head of biceps lesions in shoulders: a systematic review and meta-analysis. *PloS one* 2015;10:e0121286.
126. Sprowson AP, Aldridge SE, Noakes J, Read JW, Wood DG. Bio-interference screw cyst formation in anterior cruciate ligament reconstruction--10-year follow up. *Knee* 2012;19:644-7.
127. Virk MS, Nicholson GP. Complications of Proximal Biceps Tenotomy and Tenodesis. *Clin Sports Med* 2016;35:181-8.
128. Moon SC, Cho NS, Rhee YG. Analysis of "hidden lesions" of the extra-articular biceps after subpectoral biceps tenodesis: the subpectoral portion as the optimal tenodesis site. *Am J Sports Med* 2015;43:63-8.
129. Valenti P, Benedetto I, Maqdes A, Lima S, Moraiti C. "Relaxed" biceps proximal tenodesis: an arthroscopic technique with decreased residual tendon tension. *Arthrosc Tech* 2014;3:e639-41.

130. Hsu AR, Ghodadra NS, Provencher MT, Lewis PB, Bach BR. Biceps tenotomy versus tenodesis: a review of clinical outcomes and biomechanical results. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20:326-32.
131. Koch BS, Burks RT. Failure of biceps tenodesis with interference screw fixation. *Arthroscopy* 2012;28:735-40.
132. Wolf RS, Zheng N, Weichel D. Long head biceps tenotomy versus tenodesis: a cadaveric biomechanical analysis. *Arthroscopy* 2005;21:182-5.
133. Sampatacos N, Getelman MH, Henninger HB. Biomechanical comparison of two techniques for arthroscopic suprapectoral biceps tenodesis: interference screw versus implant-free intraosseous tendon fixation. *J Shoulder Elbow Surg* 2014;23:1731-9.
134. Ozalay M, Akpınar S, Karaeminogullari O, et al. Mechanical strength of four different biceps tenodesis techniques. *Arthroscopy* 2005;21:992-8.
135. Patzer T, Rundic JM, Bobrowitsch E, Olender GD, Hurschler C, Schofer MD. Biomechanical comparison of arthroscopically performable techniques for suprapectoral biceps tenodesis. *Arthroscopy* 2011;27:1036-47.
136. Slabaugh MA, Frank RM, Van Thiel GS, et al. Biceps tenodesis with interference screw fixation: a biomechanical comparison of screw length and diameter. *Arthroscopy* 2011;27:161-6.
137. Lee HJ, Jeong JY, Kim CK, Kim YS. Surgical treatment of lesions of the long head of the biceps brachii tendon with rotator cuff tear: a prospective randomized clinical trial comparing the clinical results of tenotomy and tenodesis. *J Shoulder Elbow Surg* 2016;25:1107-14.
138. Sears BW, Spencer EE, Getz CL. Humeral fracture following subpectoral biceps tenodesis in 2 active, healthy patients. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20:e7-11.
139. Dein EJ, Huri G, Gordon JC, McFarland EG. A humerus fracture in a baseball pitcher after biceps tenodesis. *Am J Sports Med* 2014;42:877-9.
140. Reiff SN, Nho SJ, Romeo AA. Proximal humerus fracture after keyhole biceps tenodesis. *Am J Orthop* 2010;39:E61-3.

141. Friedel R, Markgraf E, Schmidt I, Donicke T. [Proximal humerus shaft fracture as a complication after keyhole-plasty. A case report]. *Unfallchir* 1995;21:198-201.
142. Rhee PC, Spinner RJ, Bishop AT, Shin AY. Iatrogenic brachial plexus injuries associated with open subpectoral biceps tenodesis: a report of 4 cases. *Am J Sports Med* 2013;41:2048-53.
143. Sanders B, Lavery KP, Pennington S, Warner JJ. Clinical success of biceps tenodesis with and without release of the transverse humeral ligament. *J Shoulder Elbow Surg* 2012;21:66-71.
144. Becker DA, Cofield RH. Tenodesis of the long head of the biceps brachii for chronic bicipital tendinitis. Long-term results. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71:376-81.
145. Erickson BJ, Basques BA, Griffin JW, et al. The Effect of Concomitant Biceps Tenodesis on Reoperation Rates After Rotator Cuff Repair: A Review of a Large Private-Payer Database From 2007 to 2014. *Arthroscopy* 2017;33:1301-7 e1.
146. Senturk I, Ozalay M, Akpınar S, Leblebici B, Cinar BM, Tuncay C. Clinical and isokinetic comparison between tenotomy and tenodesis in biceps pathologies. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2011;45:41-6.
147. Grabiner MD, Enoka RM. Changes in movement capabilities with aging. *Exerc Sport Sci Rev* 1995;23:65-104.
148. Garcia-Rellan JE, Sanchez-Alepuz E, Mudarra-Garcia J. Increased fatigue of the biceps after tenotomy of the long head of biceps tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5007-2>
149. Mazzocca AD, Bicos J, Santangelo S, Romeo AA, Arciero RA. The biomechanical evaluation of four fixation techniques for proximal biceps tenodesis. *Arthroscopy* 2005;21:1296-306.
150. Richards DP, Burkhart SS. A biomechanical analysis of two biceps tenodesis fixation techniques. *Arthroscopy* 2005;21:861-6.

151. Sethi PM, Rajaram A, Beitzel K, Hackett TR, Chowaniec DM, Mazzocca AD. Biomechanical performance of subpectoral biceps tenodesis: a comparison of interference screw fixation, cortical button fixation, and interference screw diameter. *J Shoulder Elbow Surg* 2012.
152. Matsuoka J, Berger RA, Berglund LJ, An KN. An analysis of symmetry of torque strength of the forearm under resisted forearm rotation in normal subjects. *J Hand Surg Am* 2006;31:801-5.
153. D'Alessandro DF, Shields CL, Jr., Tibone JE, Chandler RW. Repair of distal biceps tendon ruptures in athletes. *Am J Sports Med* 1993;21:114-9.
154. Leighton MM, Bush-Joseph CA, Bach BR, Jr. Distal biceps brachii repair. Results in dominant and nondominant extremities. *Clin Orthop Relat Res* 1995:114-21.
155. Askew LJ, An KN, Morrey BF, Chao EY. Isometric elbow strength in normal individuals. *Clin Orthop Relat Res* 1987:261-6.
156. Bohannon RW, Andrews AW. Standards for judgments of unilateral impairments in muscle strength. *Percept Mot Skills* 1999;89:878-80.
157. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM R* 2011;3:472-9.
158. Constant CR, Gerber C, Emery RJ, Sojbjerg JO, Gohlke F, Boileau P. A review of the Constant score: modifications and guidelines for its use. *J Shoulder Elbow Surg* 2008;17:355-61.
159. Frost A, Zafar MS, Maffulli N. Tenotomy versus tenodesis in the management of pathologic lesions of the tendon of the long head of the biceps brachii. *Am J Sports Med* 2009;37:828-33.
160. Kany J, Guinand R, Croutzet P, Amaravathi R, Sekaran P. Biceps tenodesis (long head): arthroscopic keyhole technique versus arthroscopic interference screw: a prospective comparative clinical and radiographic marker study. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2016;26:77-84.
161. Edwards TB, Walch G, Sirveaux F, et al. Repair of tears of the subscapularis. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:725-30.

162. De Carli A, Zanzotto E, Vadala AP, Luzon D, Di Salvo M, Ferretti A. Surgical repair of the distal biceps brachii tendon: clinical and isokinetic long-term follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:850-6.
163. Gill TJ, Mclrvin E, Mair SD, Hawkins RJ. Results of biceps tenotomy for treatment of pathology of the long head of the biceps brachii. *J Shoulder Elbow Surg* 2001;10:247-9.
164. Gulotta LV, Nho SJ, Dodson CC, et al. Prospective evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs at 5 years: part II--prognostic factors for clinical and radiographic outcomes. *J Shoulder Elbow Surg* 2011;20:941-6.

Anexos

12 Anexos

12.1 Anexo 1: Clasificación del estudio por la AEMPS

 <p>MINISTERIO DE SANIDAD, SERVICIOS SOCIALES E IGUALDAD</p>	 <p>agencia española de medicamentos y productos sanitarios</p>	DEPARTAMENTO DE MEDICAMENTOS DE USO HUMANO
<p>ASUNTO: RESOLUCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACIÓN DE ESTUDIO CLÍNICO O EPIDEMIOLÓGICO</p>		
<p>DESTINATARIO: D. JOSE EMMANUEL GARCÍA RELLÁN</p>		
<p>Vista la solicitud formulada con fecha 17 de octubre de 2013, por D. JOSE EMMANUEL GARCÍA RELLÁN, para la clasificación del estudio titulado "COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS CLÍNICOS Y BIOMECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE LA PATOLOGÍA DE LA PORCIÓN LARGA DEL BÍCEPS BRAQUIAL: TENOTOMÍA O TENODESIS.", y cuyo promotor es D. JOSE EMMANUEL GARCÍA RELLÁN, se emite resolución a tenor de los siguientes antecedentes.</p>		
<p>Con fecha 28 de octubre de 2013, se emite propuesta de resolución, otorgando un plazo de quince días al solicitante para presentar alegaciones. Transcurrido este plazo, no se han recibido alegaciones.</p>		
<p>Por todo ello, el Departamento de Medicamentos de Uso Humano de la Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios (AEMPS), de conformidad con los preceptos aplicables, ⁽¹⁾ RESUELVE clasificar el estudio citado anteriormente como "Estudio no observacional sin medicamentos"</p>		
<p>A la realización de este estudio le resultará aplicable lo dispuesto la Ley 14/2007, de 3 de julio, de investigación biomédica.</p>		
<p><small>CORREO ELECTRÓNICO</small> farmaccepi@aemps.es</p>		<p><small>C/ CAMPEZO, 1 – EDIFICIO 8 28022 MADRID</small></p>

12.2 Anexo 2: Aprobación del Comité de Ética del Departamento de Salud del Área Sanitaria Hospital Clínico-Malvarrosa.



Hospital Clínic Universitari



DEPARTAMENT CLÍNIC MALVA-ROSA

INFORME DEL COMITE ETICO DE INVESTIGACION CLINICA DEL HOSPITAL CLINIC UNIVERSITARI DE VALENCIA

D. Manuel Labiós Gómez, Secretario del Comité Ético de Investigación Clínica del Hospital Clínic Universitari de Valencia

CERTIFICA

Que en este Comité, en su reunión de fecha 26 de junio de 2014, y según consta en el acta de la misma, se han analizado los aspectos éticos y científicos relacionados al proyecto de investigación que lleva por título:

Comparativa de los resultados clínicos y biomecánicos del tratamiento de la patología de la porción larga del biceps braquial: Tenotomía o tenodesis.

Que será llevado a cabo en el Servicio de Traumatología del y cuyo investigador principal es el Dr. José Emmanuel García Rellán, acordando que reúne las características adecuadas referentes a información a los pacientes y cumplimiento de los criterios éticos para la investigación médica y biomédica establecidos en la ***Declaración de Helsinki*** (Junio 1964, Helsinki, Finlandia) de la Asamblea Médica Mundial, y sus revisiones (Octubre 1975, Tokio, Japón), (Octubre 1983, Venecia, Italia), (Septiembre 1989, Hong Kong), (Octubre 1996, Somerset West, Sudáfrica), (Octubre 2000, Edimburgo) y (Octubre 2008 Seúl, Corea) en la ***Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos del Hombre de la UNESCO*** y los acuerdos del ***Protocolo Adicional del Consejo de Europa para la protección de los Derechos del Hombre y de la dignidad del ser humano frente a la aplicaciones de la biología y de la medicina*** (Paris 12-1-1998, ratificado el 23-7-1999).

Lo que certifico a efectos oportunos.

Valencia, 26 de junio de 2014.

Fdo. : Dr. D. D. Manuel Labiós Gómez
Secretario del Comité Ético de Investigación Clínica

12.3 Anexo 3: Aprobación del Comité de Ética de Unión de Mutuas

D. Domingo García Marzá, con DNI 18.916.465T, en calidad de Presidente del Comité de Ética de Unión de Mutuas, MATEPSS N° 267, manifiesta:

El proyecto de investigación del Dr. D. José Manuel García Rellán realizado en colaboración con el Jefe de Traumatología de Unión de Mutuas Dr. D. Eduardo Sánchez Allepuz denominado "Comparativa de los resultados clínicos y biomecánicos del tratamiento de la patología de la perción larga del bíceps braquial: tenotomía o tenodesis" cumple con los principios y valores del Código Ético de Unión de Mutuas.



Castellón, a 29 de julio de 2013

12.4 Anexo 4: Seguro de responsabilidad civil

Particular

**HDI
GERLING**

CERTIFICADO


ME928012350

La Compañía **HDI HANNOVER INTERNACIONAL (ESPAÑA) Seguros y Reaseguros, S.A.**, con domicilio en **Madrid, C/ Luchana 23,**

CERTIFICA:

Que tiene contratada y en vigor la póliza de Responsabilidad Civil N° **130/001/009423** referida a Investigaciones Biomédicas, cuyo Promotor es **JOSE EMMANUEL GARCÍA RELLÁN**, con domicilio en **Avda Alfahuir, 42 – puerta 6 (46020) VALENCIA.**

Que la citada Póliza garantiza, en sus términos, la Responsabilidad Civil Legal del Promotor derivada de la realización de la Investigación Biomédica con procedimientos Invasivos, iniciada durante el periodo de vigencia de la póliza.

A los efectos del presente seguro y según se establece en el artículo 18º de la Ley 14/2007 de 3 de Julio, queda amparada, además de la Responsabilidad Civil Legal del Tomador del Seguro en su calidad de promotor de la investigación biomédica, la del Investigador principal y sus colaboradores la del hospital o centro donde se realice la Investigación Biomédica, así como la del Titular del mismo.

Título **Comparativa de los resultados clínicos y biomecánicos del tratamiento de la patología de la porción larga del biceps braquial: Tenotomía o Tenodesis.**

Centro: **Hospital de la Malvarrosa.**

Investigador Principal: **Dr. José E. García Rellán**

Duración prevista: **30.05.2014 -20.05.2017**

El período máximo de cobertura para la investigación será de hasta 36 meses después de terminado la misma. A los efectos de la cobertura del presente contrato, la ocurrencia del siniestro, en el sentido que se indica en el anterior párrafo primero, deberá de producirse dentro del período de duración de la investigación, ampliándose retroactivamente al **20/11/2013.** o de los 36 meses siguientes a la finalización de la misma.

Límite máximo asegurado por año € 3.000.000-
Sublímite por sujeto sometido a ensayo (aplicable sobre el sublímite anual): € 350.000-

De acuerdo con lo establecido en el artículo 15 de la Ley de Contrato de Seguro 50/1980, la presente póliza no tendrá validez en el caso de que la prima no se encuentre al corriente de pago en la fecha de inicio del ensayo asegurado.

Se extiende este Certificado a efectos informativos no confiriendo al solicitante ningún derecho diferente al establecido en la póliza. Los derechos y obligaciones de las partes se encuentran regulados en los términos que se establece en la póliza y en los suplementos emitidos. Este Certificado no modifica, amplía ni extiende la cobertura acordada por las partes contratantes en la póliza mencionada

En caso de no ser aprobada la Investigación por los organismos competentes para ello, el presente Certificado carecerá de todo tipo de validez.

Y para que así conste, se emite el presente Certificado en Madrid, a 22 Diciembre de 2015.

HDI GERLING INDUSTRIE VERSICHERUNG AG
Sucursal en España
C/ Luchana, 23 - 5ª Planta
28010 Madrid

HDI GERLING HDI GERLING INDUSTRIE VERSICHERUNG AG
SUCURSAL EN ESPAÑA
Tel. +34 914 442 000
Fax +34 914 442 019
E-mail hgi@hdi-gerling.es

Mod. 0001. Rev. Mayo 2014
HDI-GERLING INDUSTRIE VERSICHERUNG AG Sucursal en España inscrita en el R.M. de Madrid. Tomo 31.792. Folio: 108. Sección 8. Hoja M-573994. Inscripción 1ª.
Inscrita en el Registro de Compañías Aseguradoras N° E-213. C.I.F. W08975716.

12.5 Anexo 5: Consentimiento informado

<p>HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE</p> <p>Se le ofrece la posibilidad de participar en el proyecto de investigación titulado "COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS CLÍNICOS Y BIOMECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE LA PATOLOGÍA DE LA PORCIÓN LARGA DEL BÍCEPS BRAQUIAL: TENOTOMIA O TENODESIS", que está siendo realizado por el Dr. Sánchez Alepuz, del Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología de Unión de Mutuas, y que ha sido ya evaluado y aprobado por el Comité Ético de dicha institución.</p> <p>¿Cuál es el objetivo de este estudio? El objetivo del estudio es valorar qué técnica quirúrgica es mejor para el tratamiento de la lesión de un tendón del hombro, la porción larga del bíceps. Ambas técnicas se utilizan con frecuencia y son buenas para el tratamiento de la patología de este tendón, pero se desconoce cuál es mejor. El bíceps se ancla en la parte superior del brazo en dos cabos, uno de ellos es el causante de la patología, que es el que es objeto de este estudio. Las dos técnicas consisten en cortar la parte intraarticular del tendón, reanclándolo o no más hacia abajo en el húmero.</p> <p>¿Por qué se le ha pedido que participe? Se le pide su participación en este estudio ya que ha sido diagnosticado de sospecha confirmada o sospechosa de lesión del tendón largo del bíceps, que suele estar asociada a la lesión del manguito rotador (los tendones que mueven el hombro).</p> <p>¿En qué consiste su participación? ¿Qué tipo de pruebas o procedimientos se le realizarán? Se le solicita permiso para utilizar con fines científicos la adhesión a este estudio, para poder evaluar qué técnica quirúrgica es mejor para esta patología. La intervención consiste en acceder a la articulación mediante artroscopia, mediante pequeñas incisiones para el acceso de cámara e instrumental, y si se confirma la lesión de este tendón, utilizar aleatoriamente una técnica quirúrgica u otra. Las dos técnicas son buenas, mejoran el dolor y se utilizan habitualmente. Consisten en cortar la parte intraarticular del tendón, reanclándolo o no más hacia abajo en el húmero.</p> <p>La participación en el presente proyecto no supone ninguna alteración del tratamiento que esté llevando (si lo tiene) y todo tratamiento que se le pueda poner a partir de los estudios clínico-bioquímicos que se le realicen será siempre bajo criterio médico.</p> <p>¿Cuáles son los riesgos generales de participar en este estudio? No se prevé ningún riesgo adicional para Ud. (ningún riesgo añadido a los riesgos de cualquier intervención artroscópica) ya que ambas técnicas se utilizan habitualmente para el tratamiento de la lesión de este tendón, y se utilizarían indistintamente, a criterio del cirujano, si se confirmase la lesión de dicho tendón tanto si se operase en este hospital u otro (incluso si decidiera no participar en este estudio).</p> <p>¿Cuáles son los beneficios de la participación en este estudio? Es muy posible que los resultados obtenidos en esta investigación tengan poco valor diagnóstico o predictivo para usted, pero podrá ayudar a conocer mejor su enfermedad y mejorar el pronóstico y el tratamiento de futuros pacientes.</p> <p>¿Qué pasará si decido no participar en este estudio?</p>	<p>Su participación en este estudio es totalmente voluntaria. En caso de que decida no participar en el estudio, esto no modificará el trato y seguimiento que de su enfermedad realicen ni su médico ni el resto del personal sanitario que se ocupa de su enfermedad. Así mismo, podrá retirarse del estudio en cualquier momento, sin tener que dar explicaciones.</p> <p>¿A quién puedo preguntar en caso de duda? Es importante que comente con cualquiera de los investigadores de este proyecto los pormenores o dudas que surjan antes de firmar el consentimiento para su participación. Así mismo, podrá solicitar cualquier explicación que desee sobre cualquier aspecto del estudio y sus implicaciones a lo largo del mismo contactando con el investigador colaborador del proyecto, el Dr. Sánchez Alepuz.</p> <p>Confidencialidad: Todos sus datos, así como toda la información médica relacionada con su enfermedad será tratada con absoluta confidencialidad por parte del personal encargado de la investigación. Así mismo, si los resultados del estudio fueran susceptibles de publicación en revistas científicas, en ningún momento se proporcionarán datos personales de los pacientes que han colaborado en esta investigación. Tal y como contempla la Ley de Protección de Datos de Carácter Personal, podrá ejercer su derecho a acceder, rectificar o cancelar sus datos contactando con el investigador principal de este estudio.</p> <p>CONSENTIMIENTO INFORMADO Título del Proyecto "COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS CLÍNICOS Y BIOMECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE LA PATOLOGÍA DE LA PORCIÓN LARGA DEL BÍCEPS BRAQUIAL: TENOTOMIA O TENODESIS" Investigador principal: Dr. José E. García Reilán. Investigador colaborador: Dr. Eduardo Sánchez Alepuz. Servicio: Cirugía Ortopédica y Traumatología de Unión de Mutuas.</p> <p>Yo, _____ he sido informado por _____, investigador del proyecto de investigación arriba mencionado, y declaro que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - He leído la Hoja de Información que se me ha entregado - He podido hacer preguntas sobre el estudio - He recibido respuestas satisfactorias a mis preguntas - Comprendo que mi participación es voluntaria - Comprendo que todos mis datos serán tratados confidencialmente - Comprendo que puedo retirarme del estudio: <ul style="list-style-type: none"> - Cuando quiera - Sin tener que dar explicaciones - Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos - Autorizo a que los resultados obtenidos durante el proyecto de investigación sean utilizados con fines científicos en otros proyectos de investigación que tengan por objeto el estudio de mi enfermedad y que hayan sido aprobados por el Comité de Ética de Unión de Mutuas. <p>Con esto doy mi conformidad para participar en este estudio.</p> <p>Firma del paciente: _____ Fecha: _____</p> <p>Firma del Investigador: _____ Fecha: _____</p>
---	---

12.6 Anexo 6: Protocolo toma de datos 1

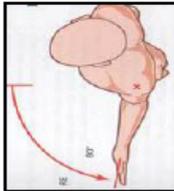
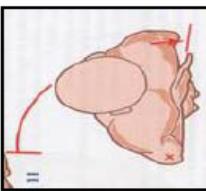
<p>CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA (IPAQ) Nos interesa conocer el tipo de actividad física que usted realiza en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que destinó a estar activo en los últimos 7 días.</p>	<p>1.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días realizó actividades físicas intensas tales como levantar pesos pesados, cavar, hacer ejercicios aeróbicos o andar rápido en bicicleta?</p>	<p>Días por semana (indique el número)</p>	<p>Ninguna actividad física intensa (pase a la pregunta 3)</p>
<p>2.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física intensa en uno de esos días?</p>	<p>Indique cuántas horas por día</p>	<p>Indique cuántos minutos por día</p>	<p>No sabe/no está seguro</p>
<p>3.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días hizo actividades físicas moderadas tales como transportar pesos ligeros, o andar en bicicleta a velocidad media? (No caminar)</p>	<p>Días por semana (indique el número)</p>	<p>Ninguna actividad física moderada (pase a la pregunta 5)</p>	<p>4.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física moderada en uno de esos días?</p>
<p>Indique cuántas horas por día</p>	<p>Indique cuántos minutos por día</p>	<p>No sabe/no está seguro</p>	<p>5.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días caminó por lo menos 10 minutos seguidos?</p>
<p>Días por semana (indique el número)</p>	<p>Ninguna caminata (pase a la pregunta 7)</p>	<p>6.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?</p>	<p>Indique cuántas horas por día</p>
<p>Indique cuántos minutos por día</p>	<p>No sabe/no está seguro</p>	<p>7.- Durante los últimos 7 días, ¿cuánto tiempo pasó sentado durante un día laborable?</p>	<p>Indique cuántas horas por día</p>
<p>Indique cuántos minutos por día</p>	<p>No sabe/no está seguro</p>		

<p>1.- DATOS ADMINISTRATIVOS (a rellenar por Traumatólogo) Puede reflejarse en la historia clínica (no es necesario rellenar este documento)</p>	<p>Datos sobre el Paciente:</p>
	<p>Nombre:</p> <p>NHC:</p> <p>Fecha de nacimiento:</p> <p>Dirección:</p> <p>Teléfono:</p> <p>Email:</p>
<p>Datos sobre la Patología:</p>	<p>Hombro afecto:</p> <p>¿Dominante?:</p> <p>Oficio:</p> <p>Fecha de inicio de síntomas:</p> <p>Mecanismo lesional:</p> <p>Fecha de inicio de Baja Laboral:</p> <p>Tratamientos recibidos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analgésicos (tipo y duración): • Infiltraciones (número y fecha): • Rehabilitación (período):
<p>Exloración:</p>	<p>Rot. Ext: Jobe, Patte;</p> <p>Rot Int: Gerber (lift-off), Napoleón;</p> <p>Compromiso subacromial: Yochum;</p> <p>Acromioclavicular: cross arm.</p> <p>PLB: O'Brien, Peel-back, Dolor en corredera?</p> <p>Expl de inestabilidad sin procede.</p>

12.7 Anexo 7: Protocolo toma de datos 2

<p>A RELLENAR POR EL PACIENTE Protocolo prequirúrgico</p> <p>NOTA: El documento que va a rellenar es IMPORTANTE y serán tomadas decisiones médicas en función de la información reflejada en él. Por favor, intente ser lo más exacto posible en su realización.</p>	<p>Datos sobre el Paciente:</p> <p>Hombro afecto (Dcho/Izdo): _____ ¿Es su brazo dominante? (Si/No) _____</p> <p>¿Cómo empezó el dolor? _____</p> <p>Oficio: _____</p>	<p>Cuestionario sobre el Dolor (marque la que corresponda):</p> <p>1.- Su dolor actualmente es: <input type="checkbox"/> Severo <input type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Leve <input type="checkbox"/> Sin dolor</p> <p>2.- ¿Cuánto dolor tiene, de 0 a 10? (0=ningún dolor; 10=máximo dolor imaginable) _____</p> <p>3.- En cuanto al dolor y la medicación para el dolor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> No tengo dolor <input type="checkbox"/> Ocasionalmente tengo dolor, tomo antiinflamatorios o paracetamol. <input type="checkbox"/> El dolor es cuando hago actividades de esfuerzo, medicación ocasional. <input type="checkbox"/> El dolor lo tengo con actividades leves, medicación frecuente. <input type="checkbox"/> El dolor está presente siempre, pero medicación suave(antiinflamatorios) <input type="checkbox"/> El dolor está presente siempre y tomo medicación potente. 	<p>Cuestionario sobre el Nivel de Actividad:</p> <p>¿El dolor le despierta por la noche? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> A veces</p> <p>¿Le limita en sus actividades de ocio? <input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Un poco</p> <p>¿Le limita en su vida diaria? <input type="checkbox"/> Mucho <input type="checkbox"/> De manera importante <input type="checkbox"/> No</p> <p>En cuanto a la función del hombro:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Puedo realizar actividad normalmente <input type="checkbox"/> Pequeña limitación: sólo en actividades por encima de la cabeza <input type="checkbox"/> Puedo realizar actividades diarias (comprar, conducir, peinar,me vestirme) <input type="checkbox"/> Sólo puedo realizar actividades diarias suaves <input type="checkbox"/> Sólo puedo realizar actividades mínimas <input type="checkbox"/> No puedo usar el brazo.
<p>Cuestionario sobre Nivel de Actividad (continúa):</p>	<p>Elija el nivel que más se acerque a su situación actual:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Plenamente inactivo, dependiente, no puedo salir de casa. <input type="checkbox"/> Muy inactivo o restringido, mínimas actividades de la vida diaria. <input type="checkbox"/> A veces realizo actividades suaves (andar, comprar). <input type="checkbox"/> Frecuentemente realizo actividades suaves. <input type="checkbox"/> A veces realizo actividades moderadas (nadar u otros deportes suaves) o puedo realizar sin restricciones actividades como tareas en casa <input type="checkbox"/> Frecuentemente realizo actividades moderadas. <input type="checkbox"/> Frecuentemente participo en actividades activas tipo bicicleta. <input type="checkbox"/> Frecuentemente participo en actividades activas tipo golf o bolos. <input type="checkbox"/> A veces practico deportes de impacto tipo footing, tenis, ballet, montañismo, o trabajo de esfuerzo. <input type="checkbox"/> Frecuentemente practico deportes de impacto. <p>Puede Ud?:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ponerse un abrigo <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Sin problema - Dormir sobre el hombro malo <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Sin problema - Lavarse la espalda <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Sin problema - Realizar aseo personal <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Sin problema - Peinarse <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Sin problema - Alcanzar estante alto <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Sin problema - Levantar 4 Kg <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Sin problema - Lanzar una pelota <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Sin problema - Realizar su trabajo habitual <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Sin problema - Realizar su deporte habitual <input type="checkbox"/> Imposible <input type="checkbox"/> Muy difícil <input type="checkbox"/> Difícil <input type="checkbox"/> Sin problema 	<p>Cuestionario sobre Satisfacción:</p> <p>¿Está usted contento con los tratamientos recibidos hasta el presente por el dolor de su hombro? SI/NO _____</p>	

12.8 Anexo 8: Protocolo toma de datos 3

<p>A RELLENAR POR EL INVESTIGADOR. Protocolo prequirúrgico.</p> <p>Medidas Antropométricas:</p> <p>Altura: _____ Peso: _____ Perímetro bicipital en reposo (Dcho/Izdo): ____/____ En contracción: ____/____ Distancia Olecranon-Punto de mayor volumen de bíceps: ____/____ Porcentaje grasa (plicómetro): _____ ¿Tiene dolor en reposo? _____ ¿Tiene dolor a la palpación de la corredera bicipital? _____ ¿Refiere espasmos musculares en el bíceps? _____</p> <p>Posición activa del hombro:</p> <p>La mano llega hasta: <input type="checkbox"/> Cintura <input type="checkbox"/> Xifoides <input type="checkbox"/> Cuello <input type="checkbox"/> Cabeza <input type="checkbox"/> Encima de cabeza</p>	<p>Rango de movilidad en ROTACIÓN EXTERNA</p> <div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Nada</td> <td style="width: 20%;">Hombro D</td> <td style="width: 20%;">Hombro I</td> </tr> <tr> <td>Mano detrás de la cabeza, codo delante</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mano detrás de la cabeza, codo detrás</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mano encima de la cabeza, codo delante</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mano encima de la cabeza, codo detrás</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rotación completa</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rotación en grados (0-90°):</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Nada	Hombro D	Hombro I	Mano detrás de la cabeza, codo delante			Mano detrás de la cabeza, codo detrás			Mano encima de la cabeza, codo delante			Mano encima de la cabeza, codo detrás			Rotación completa			Rotación en grados (0-90°):																							
Nada	Hombro D	Hombro I																																									
Mano detrás de la cabeza, codo delante																																											
Mano detrás de la cabeza, codo detrás																																											
Mano encima de la cabeza, codo delante																																											
Mano encima de la cabeza, codo detrás																																											
Rotación completa																																											
Rotación en grados (0-90°):																																											
<p>Rango de movilidad en FLEXIÓN ANTERIOR (antepeñistión)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hombro Dcho</th> <th>Hombro Izdo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><30°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>30-60°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>60-90°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90-120°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>120-150°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>150-180°</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Hombro Dcho	Hombro Izdo	<30°			30-60°			60-90°			90-120°			120-150°			150-180°			<p>Rango de movilidad en ROTACIÓN INTERNA</p> <div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Mano hasta lateral del muslo</td> <td style="width: 20%;">Hombro D</td> <td style="width: 20%;">Hombro I</td> </tr> <tr> <td>Mano hasta la nalga</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mano hasta unión lumbosacra</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mano hasta la cintura (L3)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mano hasta T12</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mano hasta interescapular</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rotación en grados (0-90°)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Mano hasta lateral del muslo	Hombro D	Hombro I	Mano hasta la nalga			Mano hasta unión lumbosacra			Mano hasta la cintura (L3)			Mano hasta T12			Mano hasta interescapular			Rotación en grados (0-90°)		
	Hombro Dcho	Hombro Izdo																																									
<30°																																											
30-60°																																											
60-90°																																											
90-120°																																											
120-150°																																											
150-180°																																											
Mano hasta lateral del muslo	Hombro D	Hombro I																																									
Mano hasta la nalga																																											
Mano hasta unión lumbosacra																																											
Mano hasta la cintura (L3)																																											
Mano hasta T12																																											
Mano hasta interescapular																																											
Rotación en grados (0-90°)																																											
<p>Rango de movilidad en ABDUCCIÓN</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Hombro Dcho</th> <th>Hombro Izdo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><30°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>30-60°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>60-90°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>90-120°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>120-150°</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>150-180°</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Hombro Dcho	Hombro Izdo	<30°			30-60°			60-90°			90-120°			120-150°			150-180°			<p>Rango de Movilidad en ABDUCCIÓN-ROTACIÓN EXTERNA:</p> <p>Brazo en ABD de 90°, medir rotación ext en grados (Dcho/Izdo): ____/____</p> <p>FUERZA de ABDUCCIÓN:</p> <p>Medida en el plano de la escápula, con dinamómetro, en Kg: _____</p>																					
	Hombro Dcho	Hombro Izdo																																									
<30°																																											
30-60°																																											
60-90°																																											
90-120°																																											
120-150°																																											
150-180°																																											

12.9 Anexo 9: Protocolo toma de datos 4

DATOS BIOMECÁNICOS Protocolo prequirúrgico.

Valoración de Contracción Voluntaria Máxima (CVM):

Flexión de codo contrarresistencia:

	Brazo Dcho	Brazo Izdo
Prueba 1	1	4
Prueba 2	2	5
Prueba 3	3	6

Supinación de antebrazo contrarresistencia:

	Brazo Dcho	Brazo Izdo
Prueba 1	7	10
Prueba 2	8	11
Prueba 3	9	12

Test de Fatiga:

Mantener flexión de codo al 33% de la CVM.

- La prueba termina cuando el paciente claudica durante más de 3 seg por debajo del 33% pese a los ánimos del explorador.

Tiempo del test de fatiga (Dcho/Izdo): ¹³ _____ / ¹⁶ _____

Test de Contracción Voluntaria Máxima Postfatiga

Dentro de los 10 seg posteriores al test de Fatiga, anotar CVM en:

- Flexión de codo (Dcho/Izdo) ¹⁴ _____ / ¹⁷ _____
- Supinación (Dcho/Izdo) ¹⁵ _____ / ¹⁸ _____

12.10 Anexo 10: Protocolo de rehabilitación

El presente protocolo está consensuado con el Servicio de Rehabilitación, basado en el protocolo del Servicio de *Sports Shoulder BWH*, del *Atlanta Sports Medicine & Orthopaedic Center (The Brigham and Women's Hospital, Inc. Department of Rehabilitation Services)*.

FASE I – Fase de movilización PASIVA (semanas 0-4 postoperatorias)

OBJETIVOS:

- Control del dolor de hombro y respuesta inflamatoria.
- Conseguir la restauración gradual del rango de movilidad pasiva (PROM) del codo.
- Mantener una adecuada función escapular.

PRECAUCIONES:

Inicialmente se instruye al paciente sobre la modificación de estrategias para proteger la reparación, como evitar actividades que causan contracción del músculo bíceps como la flexión del codo y supinación del antebrazo con resistencia. Estos movimientos se utilizan característicamente durante actividades de vida diaria como levantar objetos, abrir el pomo de una puerta...

- **NINGÚN movimiento activo (AROM) del codo.**
- **EVITAR la Rotación Externa (RE) forzada**
- Cabestrillo (sling) para minimizar la actividad de bíceps x 3 semanas. Dormir con sling, colocando una toalla bajo el codo para evitar la hiperextensión de hombro. Se puede retirar para aseo.
- NO levantar objetos con hombro operado.
- Mantener las incisiones limpias y secas.

- No masajear el sitio de tenodesis del tendón del bíceps.
- Educación del paciente con respecto a la conciencia postural, un uso limitado de la extremidad superior, aun cuando no tenga dolor, higiene.

EJERCICIOS/ ACTIVIDAD

- Ejercicios pendulares de Codman con apoyo tres veces / día mínimo.
- PROM: flexión / extensión PASIVA de codo y antebrazo (supinación / pronación): **no flexión activa de codo ni supinación activa durante 4 a 6 semanas.**
- AROM: activos de muñeca y mano/ ejercicios de prensión.
- PROM: PASIVOS de hombro en todos los planos según tolerancia, NO forzar ningún movimiento doloroso. Se aconseja una amplitud de movimiento pasivo de 150° en flexión y en abducción (ABD) y una rotación externa (RE) a 30°.
- Comenzar 2-4 semanas con AAROM (Activo-asistidos) y AROM (Activos) de hombro + ejercicios de RE/RI/ Abducción isométrica suave.
- Ejercicios de retracción escapular para la movilidad de la escápula con progresión a ejercicios isométricos escapulares.
- Crioterapia frecuente para el dolor y la inflamación.

Hitos para avanzar a la fase II:

- Cicatrización adecuada de la incisión quirúrgica.
- PROM completo del hombro y el codo.
- Realización de actividades sin dolor o dificultad para la fase I.

FASE II – Fase de movilización ACTIVA (comienza 5-6 semanas postoperatorias)

OBJETIVOS:

- Lograr la restauración gradual de AROM.
- Retirar Sling 3 semana postoperatoria.

PRECAUCIONES:

- No levantar, empujar, tirar.
- No hay ejercicios de resistencia.

EJERCICIOS/ ACTIVIDAD:

- Masaje suave de la cicatriz.
- Progreso hombro del PROM a la gama de movimiento (AAROM) activa asistida y AROM en todos los arcos, centrarse en la flexión y abducción hasta 160° y aumento de la RE hasta 45° (todas con el brazo en aducción).
- Se puede iniciar AROM de codo de forma suave: ACTIVOS de codo en flexión-extensión y de antebrazo supinación /pronación (activos del bíceps).
- Comenzar a incorporar estiramiento capsular posterior.
- Movilizaciones articulación glenohumeral y escapulotorácica cuando ROM es significativamente menor de lo esperado. Las movilizaciones se deben realizar en las direcciones de movimiento limitado.
- Crioterapia continua para el dolor y la inflamación.

Hitos para avanzar a la fase III:

- Restaurar AROM completo del hombro y el codo.
- Correcta posición escápulas en reposo y control dinámico escapular con el recorrido articular y actividades funcionales. El paciente debe ser

capaz de elevar su brazo con un buen ritmo escapular, si es incapaz, se debe continuar con fortalecimiento escapular y ejercicios de estabilización.

- Realización de actividades de la fase II sin dolor o dificultad.

FASE III: fase de fortalecimiento (comienza aproximadamente 7-9 semanas postoperatorias)

OBJETIVOS:

- Normalizar la fuerza, resistencia, control neuromuscular.
- Volver a las actividades funcionales completas nivel de pecho

PRECAUCIONES:

- No realizar ejercicios de fortalecimiento en un plano si el ROM no es casi completo.
- Educación del paciente con respecto a un incremento gradual de las actividades del hombro.

EJERCICIOS/ ACTIVIDAD:

- Continuar APROM del hombro y el codo.
- Iniciar potenciación con isométricos de bíceps y progresar a ejercicios contra resistencia del bíceps (flexo-extensión codo / prono-supinación antebrazo). **Ejercicios de potenciación del bíceps a partir de la 6ª semana.**
- Programa equilibrado de ejercicios de fortalecimiento del manguito rotador y escapular: los ejercicios deben ser progresivos en cuanto a la intensidad de la demanda del músculo, elevación del hombro y la tensión en la cápsula articular anterior.
- Tanto en cadena cinética abierta como cerrada (isométricos, isotónicas, bandas elásticas, pesas).

- Muchas repeticiones con baja resistencia para ganar resistencia muscular.
- Comenzar ejercicios de estabilización rítmica.
- Rotación externa (RE) rotación interna (IR) en el plano escapular, flexión-extensión y abducción-aducción en diferentes ángulos de elevación.
- Crioterapia para el dolor y la inflamación según sea necesario.

Hitos para avanzar a la fase IV:

- Realización de actividades de la III fase sin dolor o dificultad.

FASE IV – FASE AVANZADA de FORTALECIMIENTO (comienza aproximadamente la semana 10 postoperatoria hasta la 12)

OBJETIVOS:

- Mantener AROM completo no-doloroso.
- Volver a las actividades laborales.
- Volver a actividades lúdicas.

PRECAUCIONES:

- Evitar el estrés excesivo sobre la cápsula anterior.
- Con el levantamiento de pesas, evitar *press* de banca.

EJERCICIOS/ ACTIVIDAD:

- Continuar todos los ejercicios mencionados.
- Progresar fortalecimiento isotónico si el paciente no muestra estrategias compensatorias y no tiene dolor residual.
- Fortalecimiento por encima de 90° si ROM y fuerza por debajo de 90 grados de elevación.

- Programa de propioceptivos.
- Actividades completas con los brazos por encima de la cabeza.

Hitos para retornar a las actividades laborales y deportes:

- No dolor.
- ROM adecuado, fuerza y resistencia de la musculatura escapular y manguito de los rotadores adecuada.
- Cumplimiento de programa ejercicio casero.

Recordar: **No flexión activa del codo hasta las 4-6 semanas y no se resistidos de codo hasta las 8 semanas postoperatorias.**

Inicio actividad deportiva a las 12-16 semanas EXCEPTO:

- Lanzamiento suave a los 3 meses, a velocidad completa a los 4 meses.
- Servicios con los brazos por encima de la cabeza (voleibol, tenis) a los 4 meses (suave) y a los 6 meses.
- Natación estilo libre con los brazos por encima de la cabeza a los 4 meses, braza a los 3 meses. Puede entrar en piscina con tabla de natación a los 3 meses.

12.11 Anexo 11: Informe programa antiplagio Turnitin

turnitin

Ejercicios | Estudiantes | Boletín de notas | Bibliotecas | Calendario | Discusión | Preferencias

ESTÁS VIENDO: INICIO > SATUR > SATUR

Acerca de esta página
Esta es la bandeja de entrada de ejercicios. Para ver un trabajo, haga clic en el título del trabajo. Para ver un Reporte de Similitud, seleccione el icono de Reporte de Similitud del trabajo en la columna de similitud. Un icono atenuado indicará que el Reporte de Similitud no se ha generado todavía.

Satur
BANDEJA DE ENTRADA | ESTÁS VIENDO: TRABAJOS NUEVOS ▾

Entregar archivo | Informe de calificación en línea | Editar la configuración del ejercicio | Correo electrónico sin remitentes

AUTOR	TÍTULO	SIMILITUD	NOTA	RESPUESTA	ARCHIVO	N° DEL TRABAJO	FECHA		
<input type="checkbox"/>	Jose E Garcia Rellán	Tesis Doctoral b	5%			*		1027416839	26-oct-2018

INFORME DE ORIGINALIDAD

5% INDICE DE SIMILITUD

4% FUENTES DE INTERNET

1% PUBLICACIONES

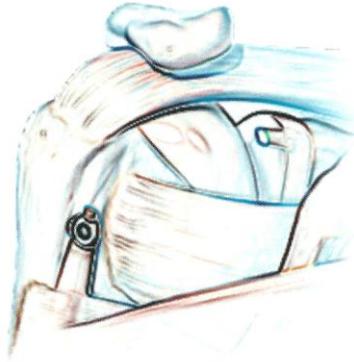
0% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

1%
★ www.cirugia-osteoartricular.org
Fuente de Internet

Excluir citas Activo Excluir coincidencias < 4 words
Excluir bibliografía Activo

Informe del programa antiplagio Turnitin (iParadigms, LLC) el cual muestra un índice de similitud de 5%. Las presuntas incidencias de similitud han sido pormenorizadamente revisadas y modificadas o referenciadas.



VNIVERSITAT [ÈÀ] VALÈNCIA
Facultat de Medicina i Odontologia

TESIS DOCTORAL
COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS CLÍNICOS Y
BIOMECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE LA PATOLOGÍA DE LA
PORCIÓN LARGA DEL BÍCEPS BRAQUIAL: TENOTOMÍA O TENODESIS

José Emmanuel García Rellán, licenciado en Medicina

Director: Francisco Gomar Sancho

Valencia, 2019