

## Originales

# Estudio de la fatiga muscular tras tenodesis de la porción larga del bíceps braquial

J.E. García-Rellán<sup>1,2</sup>, E. Sánchez-Alepuz<sup>3,4</sup>, J. Mudarra-García<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Hospital de Manises. Valencia

<sup>2</sup>Universidad CEU-Cardenal Herrera. Valencia

<sup>3</sup>Hospital de Unión de Mutuas. Valencia

<sup>4</sup>Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital IMED. Valencia

<sup>5</sup>Hospital de la Malvarrosa. Valencia

### Correspondencia:

Dr. José Emmanuel García-Rellán

Correo electrónico: jgarciare@hospitalmanises.es

Recibido el 16 de enero de 2019

Aceptado el 30 de septiembre de 2019

Disponible en Internet: octubre de 2019

### RESUMEN

**Objetivo:** analizar la fatiga del bíceps braquial tras la realización de tenodesis de su porción larga, parámetro biomecánico importante para conocer la funcionalidad del bíceps tras la intervención.

**Material:** se ha realizado un estudio prospectivo analizando la fatiga del bíceps en una cohorte de 18 pacientes donde se ha realizado tenodesis de la porción larga del bíceps. El análisis biomecánico y clínico se ha realizado en el preoperatorio, a los 3, 6 y 12 meses de la intervención, incluyendo el tiempo de fatiga, la flexión máxima de codo y supinación de antebrazo, entre otras.

**Resultados:** se ha demostrado una ausencia de diferencias en el tiempo de fatiga del bíceps tenodesado ( $123,5 \pm 40,69$  s) al comparar el resultado con respecto al brazo sano ( $121,42 \pm 52,36$  s;  $p = 0,86$ ) y al preoperatorio ( $137,85 \pm 89,64$  s;  $p = 0,58$ ). Se ha apreciado un incremento de la fuerza de flexión prefatiga del codo intervenido con respecto al preoperatorio ( $196,92 \pm 86,42$  N a  $273,78 \pm 56,67$  N;  $p < 0,01$ ), alcanzando los valores del brazo sano ( $287,07 \pm 73,89$  N;  $p = 0,25$ ). La fuerza de flexión posfatiga ha mejorado con respecto al preoperatorio ( $162,92 \pm 73,37$  N a  $219 \pm 63,2$  N;  $p = 0,01$ ), sin alcanzar los

### ABSTRACT

**Study of muscle fatigue after tenodesis of the long head of biceps tendon**

**Objective:** to analyze the fatigue of the biceps brachii after performing tenodesis of its long portion, an important biomechanical parameter to know the functionality of the biceps after the surgery.

**Material:** a prospective study was carried out analyzing biceps fatigue in a cohort of 18 patients where tenodesis of the LHBT was performed. A biomechanical and clinical analysis was performed preoperatively, three, six and twelve months after the surgery, including fatigue time, elbow flexion and forearm supination, among others.

**Results:** it has been demonstrated an absence of differences in fatigue time of the biceps ( $123.5 \pm 40.69$  s) when comparing the result with respect to the healthy arm ( $121.42 \pm 52.36$  s,  $p = .86$ ) and preoperative values ( $137.85 \pm 89.64$  s,  $p = .58$ ). An increase in the flexion force of the elbow before fatigue was observed respectively preoperative values ( $196.92 \pm 86.42$  N and  $273.78 \pm 56.67$  N,  $p < .01$ ), reaching the values of the healthy arm ( $287.07 \pm 73.89$  N,  $p = .25$ ). After fatigue flexion strength improved respectively



<https://doi.org/10.24129/j.reaca.26266.fs1901002>

© 2019 Fundación Española de Artroscopia. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® ([www.fondoscience.com](http://www.fondoscience.com)). Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND ([www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/](http://www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)).

valores del brazo sano ( $248,57 \pm 66,58$  N;  $p < 0,01$ ). La fuerza de supinación del antebrazo ha mejorado con respecto al preoperatorio, alcanzando los valores del brazo sano.

**Conclusiones:** el hallazgo más importante en el presente estudio es la ausencia de diferencias en el tiempo de fatiga del bíceps (tiempo hasta la claudicación) entre el brazo intervenido mediante tenodesis de la porción larga del bíceps (PLB) con respecto al brazo sano y también con respecto al mismo brazo antes de la intervención. Estas conclusiones tienen su trascendencia en la práctica clínica en la toma de decisiones sobre la actuación en la PLB.

**Nivel de evidencia:** III.

**Palabras clave:** Porción larga del bíceps. Tenodesis. Biomecánica. Fatiga.

### Introducción

Las lesiones de la porción larga de bíceps braquial (PLB) son frecuentes en la práctica clínica. Sus alteraciones pueden ser clasificadas en inflamatorias, inestabilidades, patología insercional, degenerativas o traumáticas. Cuando el tratamiento conservador fracasa, la opción quirúrgica contempla el desbridamiento<sup>(1)</sup>, la tenotomía<sup>(2,3)</sup> o la tenodesis<sup>(4,5)</sup> del tendón. En la mayoría de los casos, la lesión de la PLB se asocia con patología del manguito rotador, en concreto con patología del tendón del subescapular<sup>(6)</sup>, dado que está íntimamente relacionado con la estabilidad del tendón. Con frecuencia, la decisión terapéutica se realiza durante el procedimiento artroscópico, dado que las pruebas de imagen preoperatorias no son capaces de cuantificar el grado de lesión del tendón cuando el daño no es claramente grave. La decisión de realizar un simple desbridamiento<sup>(7)</sup> o procedimientos más específicos, como la tenotomía<sup>(2,3)</sup> o tenodesis<sup>(4,5)</sup>, depende de la gradación de la lesión del tendón por parte del cirujano artroscopista durante la intervención. Actualmente existe debate sobre qué técnica es la más apropiada para el tratamiento de las lesiones graves de la PLB<sup>(8,9)</sup>. La tenotomía<sup>(3,10,11)</sup> es una técnica ampliamente conocida, sencilla, rápida, barata, con período de rehabilitación breve y con buenos resultados en cuanto a alivio del dolor en la bibliografía. Tiene como contrapartida la gran

preoperative values ( $162,92 \pm 73,37$  N to  $219 \pm 63,2$  N,  $p = .01$ ), without reaching healthy arm values ( $248,57 \pm 66,58$  N;  $p < .01$ ). Supination force of the forearm has improved with respect to preoperative values, reaching the values of the healthy arm.

**Conclusions:** the most important finding in the present study is the absence of differences in biceps fatigue time (time to claudication) between the arm operated by tenodesis of the LHBT with respect to the healthy arm and also with respect to the same arm before the surgery. These conclusions have their transcendence in clinical practice in the decision-making about the surgery of the LHBT.

**Level of evidence:** III.

**Key words:** Long head of biceps tendon. Tenodesis. Biomechanics. Fatigue.

frecuencia del descenso del vientre muscular del bíceps (signo de Popeye)<sup>(12)</sup>, causada por la pérdida de una de las dos inserciones proximales del músculo. La tenodesis de la PLB<sup>(4,13,14)</sup> pretende mantener la relación longitud-tensión del bíceps, evitando la migración del tendón<sup>(3,15)</sup>, los calambres musculares y la pérdida de fuerza de flexión del codo o supinación del antebrazo<sup>(16,17)</sup>.

En los estudios biomecánicos que evalúan los resultados de la tenotomía o tenodesis de la PLB existen ciertas discrepancias en si se produce o no debilidad muscular en el caso de la tenotomía. Existen autores que evidencian pérdida de fuerza de flexión, de supinación o de ambas cuando se realiza tenotomía de la PLB<sup>(16,17)</sup>, mientras que otros no han hallado diferencias, pese a estudios aleatorizados<sup>(9,15,18)</sup>. Casi todos los estudios biomecánicos utilizan la medición de la fuerza máxima de flexión del codo o de la supinación máxima de antebrazo como parámetro principal, a partir del cual sacar conclusiones extrapolables a la vida real. Sin embargo, la fuerza máxima puntual puede no ser el parámetro más relevante en la clínica, dado que la mayoría de las actividades físicas cotidianas se desarrollan en un ámbito de contracciones submáximas repetidas<sup>(19)</sup>. Es por eso que algunos autores<sup>(20,21)</sup> se han centrado en el estudio de la fatiga del bíceps como parámetro biomecánico principal. Estos autores provocan la fatiga mediante contracción submáxima mantenida hasta claudicación. Estos autores han observado

un incremento de la fatiga tras la realización de la tenotomía de la PLB, a pesar de no apreciar disminución en la fuerza máxima de flexión o supinación. En la bibliografía consultada no existen artículos que analicen la fatiga del bíceps tras la realización de tenodesis de la PLB, dato que puede ser interesante para conocer la funcionalidad del brazo tras la intervención.

El objetivo del estudio es analizar la fatiga del bíceps donde se ha realizado tenodesis de la PLB y compararlo con el brazo sano contralateral. La hipótesis nula se establece como la ausencia de diferencias en la fatiga del bíceps (tiempo en segundos hasta claudicación) entre el brazo donde se ha realizado tenodesis de la PLB y el brazo sano contralateral.

## Métodos

El presente estudio se trata de un estudio terapéutico observacional de una cohorte prospectiva de pacientes donde se ha llevado a cabo una artroscopia de hombro entre 2015 y 2016. Cincuenta y dos pacientes de dos hospitales fueron seleccionados preoperatoriamente para ser incluidos en el estudio y prestaron su consentimiento por escrito. Los criterios de inclusión fueron el diagnóstico clínico o radiológico de patología de la PLB en varones entre 18 y 65 años. Pacientes mayores de 65 años y mujeres fueron excluidos del estudio para homogeneizar la muestra y por participar menos frecuentemente en actividades físicas laborales intensas que pueden hacer menos sintomáticas secuelas derivadas de la intervención. Fueron excluidos los pacientes con patología previa del brazo contralateral o desórdenes neuropsiquiátricos. Treinta y cuatro pacientes fueron excluidos del estudio por no confirmarse el diagnóstico durante la exploración artroscópica o requerir únicamente desbridamiento del tendón. En 4 pacientes se produjo pérdida del seguimiento. Un total de 18 pacientes cumplieron los criterios de inclusión y completaron 12 meses de seguimiento postoperatorio. En estos pacientes se diagnosticó intraoperatoriamente la patología de la PLB (insercional, articular, degenerativa o por inestabilidad) y se ejecutó la tenodesis. La edad media fue de  $48 \pm 8,79$  años (rango 27 a 65). En un 61,1% se realizó la intervención en el brazo dominante (61,1% brazo derecho). En 13 casos (72,2%)

se realizó una reparación concomitante del manguito rotador.

La técnica quirúrgica de tenodesis se ha realizado mediante el uso del sistema Biceptor (Smith & Nephew, Andover, MA); sistema que realiza la tenodesis mediante la inserción del tendón con ayuda de una horquilla en un túnel óseo brocado 2 cm inferior a la tuberosidad mayor, en el interior de la corredera bicipital, para después fijarlo con el tornillo interferencial Biosure PK (Smith & Nephew, Andover, MA).

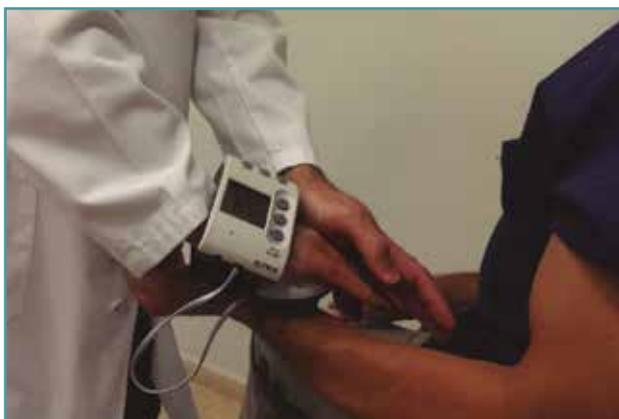
Los pacientes en los que se sospechó afectación de la PLB en el estudio preoperatorio y dieron su consentimiento por escrito fueron evaluados por un examinador externo al servicio, independientemente de las entrevistas clínicas con el cirujano, en el preoperatorio, a los 3, 6 y 12 meses de la intervención. Fueron recogidos de manera prospectiva los datos poblacionales, las escalas de valoración clínica SSI, Constant normalizado y datos antropométricos, además de un estudio biomecánico y encuestas de satisfacción.

El test biomecánico consistió en la medición en los dos hombros de: 1) contracción isométrica máxima del codo en flexión de 90°; 2) supinación máxima de antebrazo; 3) test de fatiga; 4) nueva medición de los pasos 1 y 2 tras la realización del test de fatiga.

Para la determinación de la contracción voluntaria máxima (CVM) del codo en flexión, se evaluó a los pacientes sentados en silla, con el codo a 90° y el antebrazo en supinación. En la región volar de la muñeca se colocó el transductor del dinamómetro de presión Commander Muscle Testing (JTECH Medical, Salt Lake, EE.UU.), cuantificando los resultados en Newtons. El ejercicio se realizó en tres ocasiones, tomando como valor de CVM el valor máximo obtenido (**Figura 1**).

Para la medición de la supinación voluntaria máxima (SVM) se evaluó al paciente en silla, con el codo a 90° y el antebrazo en pronación, empuñando el mango del dinamómetro de torsión Baseline Hydraulic Wrist Dynamometer (FEI, White Plains, EE.UU.), cuantificando el resultado en función del momento de torsión (Newtons  $\times$  metro). Se realizó la prueba en tres ocasiones, obteniendo el valor SVM del valor máximo obtenido en las tres pruebas (**Figura 2**).

Tras la obtención de los valores de CVM y SVM, se realizó el test de fatiga, que consiste en realizar una contracción isométrica del codo a 90°,



**Figura 1.** *Dinamómetro de muñeca Commander Muscle Testing.*



**Figura 2.** *Dinamómetro de torsión Baseline Hydraulic Wrist Dynamometer.*

manteniendo una contracción del 33% del valor de la CVM previamente recogida, mantenida en el tiempo. El test concluyó cuando el paciente claudicó completamente o se desvió un 10% del valor de fuerza a mantener durante más de 5 segundos. El tiempo hasta la claudicación se recogió en segundos. El paciente no tuvo conocimiento del valor de este dato hasta la conclusión del estudio.

Dentro de los 10 segundos tras la realización del test de fatiga, se determinó nuevamente la CVM y la SVM.

Se calculó el índice de fatiga (IF) de ambos brazos utilizando la fórmula de Ditor y Hicks<sup>(22)</sup>:

$$IF (\%) = [(CVM \text{ prefatiga} - CVM \text{ posfatiga}) / CVM \text{ prefatiga}] \times 100$$

El presente estudio cuenta con el visto bueno de los comités de ética del Hospital Clínico Malvarrosa de Valencia y Unión de Mutuas Valencia.

## Estadística

El tamaño de la muestra fue calculado teniendo en cuenta la realización del análisis de medidas repetidas (estudio antes-después y estudio sano-patológico). Asumiendo una diferencia significativa del 60% de la variable estudiada, con un nivel de significación del 0,05 y una potencia de 0,8, fue requerida una muestra de 15 pacientes. Se utilizó el programa SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE.UU.). Las variables cuantitativas se expresaron en media  $\pm$  desviación estándar. La distribución normal de las variables se comprobó mediante el test de Shapiro-Wilk. Un análisis univariante fue realizado para comparar los parámetros biomecánicos antes y después de la cirugía en ambos brazos. Se utilizó el test *t* de Student para estas mediciones. Los parámetros categóricos como el test de Constant, la escala SSI y el dolor (EVA) fueron expresados en mediana y rango, y analizados mediante el test U Mann-Whitney. El nivel de significación se estableció en  $p < 0,05$ .

## Resultados

La presencia de retracción del vientre muscular (signo de Popeye) a los 12 meses de la intervención se apreció en tres pacientes (16,6%). Tres pacientes (16,6%) aquejaron algún tipo de calambre en el vientre muscular del bíceps y cuatro pacientes (22,2%) aquejaron dolor en la corredera del bíceps. A pesar de ello, los 18 pacientes (100%) se mostraron satisfechos con el resultado clínico obtenido a los 12 meses de la intervención.

En el estudio del brazo intervenido antes y tras 12 meses de la intervención, los parámetros clínicos de dolor (VAS), Constant normalizado y SSI mejoraron de manera significativa. Los parámetros biomecánicos de CVM y SVM, tanto en el estudio prefatiga como en el posfatiga, también mejoraron significativamente con respecto al valor preoperatorio. El tiempo de fatiga no ha demostrado diferencias en los valores antes-después de la intervención. Los resultados se muestran en la **Tabla 1**.

Los datos obtenidos en el estudio comparativo del brazo intervenido a los 12 meses de la intervención con respecto al brazo sano contralateral se detallan en la **Tabla 2**. No se aprecian diferencias en el estudio del tiempo de fatiga entre el

**Tabla 1. Resultados del estudio en el brazo intervenido antes y tras 12 meses de la intervención**

Estudio antes-después	Prequirúrgico	12 meses	p
Dolor (VAS)	6,79 ± 1,84	2,79 ± 2,96	< 0,01
Constant normalizado	58,47 ± 13,93	90,11 ± 11,66	< 0,01
SSI	43,69 ± 15,38	75,83 ± 21,62	< 0,01
CVM en reposo (N)	196,92 ± 86,42	273,78 ± 56,67	< 0,01
SVM en reposo (N-m)	129,64 ± 75,31	179,21 ± 69,07	< 0,01
<b>Tiempo fatiga (s)</b>	<b>137,85 ± 89,64</b>	<b>123,5 ± 40,69</b>	<b>0,58</b>
CVM posfatiga (N)	162,92 ± 73,37	219 ± 63,2	0,01
SVM posfatiga (N-m)	117,57 ± 61,09	198,38 ± 71,02	< 0,01
IF CVM brazo operado (%)	15,19 ± 21,45	21,16 ± 10,07	0,43
IF SVM brazo operado (%)	0,92 ± 34,64	-6,9 ± 18,01	0,58

CVM: contracción voluntaria máxima en flexión; IF: índice de fatiga; SSI: Shoulder Score Index; SVM: supinación voluntaria máxima.

**Tabla 2. Resultados del estudio en el brazo intervenido y el brazo sano a los 12 meses de la intervención**

	Brazo intervenido	Brazo sano	p
CVM en reposo (N)	273,78 ± 56,67	287,07 ± 73,89	0,25
SVM en reposo (N-m)	179,21 ± 69,07	203,38 ± 59,34	0,13
Tiempo fatiga (s)	123,5 ± 40,69	121,42 ± 52,36	0,82
CVM posfatiga (N)	219 ± 63,2	248,57 ± 66,58	< 0,01
SVM posfatiga (N-m)	198,38 ± 71,02	200,07 ± 64,17	0,86
IF CVM (%)	21,16 ± 10,07	13,49 ± 6,88	0,002
IF SVM (%)	-6,9 ± 18,01	2,73 ± 15,78	0,18

CVM: contracción voluntaria máxima en flexión; IF: índice de fatiga; SSI: Shoulder Score Index; SVM: supinación voluntaria máxima.

brazo intervenido y el sano. Se han hallado diferencias en el valor de CVM postfatiga, a favor del brazo sano.

## Discusión

El hallazgo más importante del presente estudio es la ausencia de diferencias en el tiempo de fatiga (entendido como tiempo hasta claudicación) en el brazo sometido a tenodesis de la PLB con

respecto al preoperatorio, en varones entre 18 y 65 años. Tampoco existen diferencias en el tiempo de fatiga entre el brazo intervenido y el brazo sano contralateral. También se ha apreciado una mejora de la fuerza de flexión (CVM) y supinación (SVM) del brazo intervenido con respecto al preoperatorio, que llega a alcanzar valores similares al brazo sano en el estudio prefatiga. Esta mejora de la fuerza tras la intervención puede ser explicada por la disminución del dolor preoperatorio, que puede causar claudicación precoz.

La bibliografía aporta información sobre los buenos resultados clínicos tras la realización de la tenodesis de la PLB, con resultados buenos o excelentes en más del 74% de los casos<sup>(23)</sup>, variando entre el 63%<sup>(13)</sup> y el 93%<sup>(24)</sup> cuando se asocia con reparación del manguito rotador. En el presente estudio se ha constatado este hecho, habiéndose obtenido una mejoría clínica significativa en las escalas de dolor, Constant normalizado y escala SSI (Tabla 1).

Analizar la fuerza máxima es un parámetro biomecánico insuficiente para conocer la funcionalidad del brazo intervenido<sup>(18)</sup>, dado que la mayor parte de las actividades cotidianas son realizadas mediante contracciones submáximas repetidas. Es por esto por lo que diversos autores<sup>(18,25,26)</sup> no han hallado diferencias, o incluso han evidenciado déficits, cuando comparan resultados del brazo intervenido mediante tenodesis y el brazo sano. Shank y cols.<sup>(18)</sup> aceptaron la medición únicamente de la fuerza pico de flexión como una debilidad en su estudio, comentando que un test

de ejercicio hasta fatiga podría poner de manifiesto mayores déficits.

En el presente estudio se ha podido confirmar un aumento de la fuerza de flexión y supinación en el brazo intervenido, tanto en situación basal como con el brazo fatigado. Estos valores en el brazo intervenido se equiparan con los datos obtenidos en el brazo sano, excepto en la fuerza de flexión posfatiga que, pese a la mejoría con respecto al preoperatorio, no alcanza los valores del brazo sano. Esto confirma que el estudio biomecánico de la fatiga del bíceps pone de manifiesto déficits que no se aprecian con el estudio rutinario habitual en la bibliografía, donde se analiza el brazo en situación basal, como sugerían Shank y cols.<sup>(18)</sup>

Existen diferentes formas experimentales de cuantificar la fatiga de un grupo muscular. Una de ellas, utilizada en diversos estudios<sup>(4,27)</sup>, consiste en utilizar mancuernas de un peso conocido para la fatiga del grupo muscular flexor del codo, atendiendo al número de repeticiones hasta la claudicación del brazo. Este método estudia la funcionalidad del brazo en todo el rango de movimiento, es accesible para el personal investigador y facilita la homogeneización, pero puede ocasionar diferencias derivadas de la frecuencia de las elevaciones y no tiene en cuenta la constitución del paciente<sup>(20)</sup>. Otro método para la cuantificación de la fatiga del bíceps es la contracción isométrica del codo a 90° a una fracción de la fuerza máxima de flexión, mantenida en el tiempo hasta la claudicación del brazo<sup>(20,21,28-32)</sup>. Este método permite realizar una carga fatigante en relación a la fuerza máxima, diferente para cada paciente. En el presente estudio se ha utilizado este método para la realización del test fatigante.

El tiempo de fatiga, objetivo principal del estudio, ha demostrado no variar tras la realización de la tenodesis de la PLB, siendo los resultados similares al brazo sano y al brazo antes de la intervención. García-Rellán y cols.<sup>(21)</sup>, en un estudio cuantificando la fatiga del bíceps en pacientes sometidos a tenotomía de la PLB, evidenciaron un descenso significativo del tiempo de fatiga cuando comparaban el brazo intervenido con respecto al sano. Con ello, los autores concluían que la tenotomía de la PLB afectaba negativamente a la biomecánica del grupo muscular flexor del codo, apreciando también un descenso significativo de la fuerza máxima de contracción con respecto al brazo sano.

En el índice de fatiga, calculado según la fórmula de Ditor y Hicks<sup>(22)</sup>, no se han apreciado cambios tras realizar la intervención, aunque, cuando se compara con el brazo sano, se aprecia un déficit del brazo intervenido con respecto al sano en la fuerza de flexión del codo.

Usar el brazo sano como control facilita la comparación entre grupos. En la bibliografía se han demostrado fuerzas máximas de flexión y supinación del codo similares en ambos brazos según dominancia, por lo que el ajuste entre brazos no es necesario<sup>(17,33)</sup>. Por el contrario, otros autores<sup>(34)</sup> creen que los resultados pueden estar afectados por la dominancia entre los brazos, dado que el brazo dominante suele ser más propenso a lesiones de la PLB<sup>(14)</sup>. Los autores cuantifican esta diferencia en una media de un 3% en la fuerza de flexión y de un 8% en supinación<sup>(35,36)</sup>. Otros autores<sup>(12)</sup> han expresado los resultados sin necesidad de ajuste, como ratio entre el brazo intervenido con respecto al sano. En el presente estudio se ha realizado la comparación directamente, sin ajuste por la dominancia entre los brazos.

La medición biomecánica se ha centrado en la funcionalidad del bíceps, para evitar el sesgo por confusión que ocasiona la patología concomitante del manguito rotador. Es inevitable su participación, dado que actúa como estabilizador dinámico de la articulación glenohumeral, pero las mediciones se han realizado en contracciones de grupos musculares en los que interviene el manguito rotador con menor intensidad. En la bibliografía, diversos autores<sup>(3,12,33,37-39)</sup> analizan los resultados obtenidos mediante la realización de técnicas sobre la PLB, a la vez que informan de patología concomitante del manguito rotador. En el presente estudio, la concomitancia con patología del manguito ha sido del 72,2%.

La prevalencia de deformidad estética por el descenso del vientre muscular en el presente estudio ha sido de un 16,6%, dato ligeramente superior al 8% cuantificado en una reciente revisión sistemática<sup>(23)</sup>. La presencia del signo de Popeye no deja de ser una apreciación subjetiva por parte del explorador, que aprecia la deformidad estética claramente cuando hay un descenso importante del vientre muscular, pero puede pasar desapercibida cuando el descenso es leve, pese a la asimetría con el brazo contralateral, produciendo una infraestimación de la incidencia real. No existe un consenso para la objetivación del signo de

Popeye. En la bibliografía consultada existen diferencias metodológicas entre los autores en la forma de evaluar la deformidad estética. Duff y cols.<sup>(34)</sup> dividen la presencia de deformidad en subjetiva (apreciada por el paciente) y objetiva (cuando la evidencia el examinador). Friedman y cols.<sup>(27)</sup> diferencian la deformidad apreciada en contracción del bíceps de la apreciada en reposo. Estas diferencias en la exploración conllevan una gran variabilidad interobservador<sup>(40)</sup>, que pueden llevar a sesgo al comparar la incidencia de esta deformidad entre autores. La incidencia del 16,6% apreciada en el presente estudio incluye cualquier tipo de asimetría en el descenso del vientre muscular, tanto en reposo como en contracción del bíceps. La presencia de deformidad estética tras la realización de la tenodesis de la PLB es explicable por la rotura del tendón remanente, el fallo del implante o la inadecuada tensión del tendón. Cuando se analiza el tiempo de fatiga en función de la deformidad estética residual, apreciamos que el grupo de tenodesis con deformidad residual (tres sujetos) obtiene valores de  $115,6 \pm 27,7$  segundos, en comparación con el tiempo de fatiga del grupo tenodesis sin deformidad ( $125,6 \pm 44,4$  segundos), sin alcanzar la significación estadística.

Tres de los pacientes del estudio (16,6%), aquejaron algún tipo de molestia, calambre o dolor difuso en el vientre muscular del bíceps al final del seguimiento, normalmente durante la contracción mantenida. La presencia de calambres musculares se ha asociado clásicamente con la realización de la tenotomía de la PLB, por la alteración de la longitud-tensión, cuantificándose en un 19%<sup>(23)</sup>, aunque diversos autores<sup>(9,12,15,34,41,42)</sup> no han hallado diferencias en esta complicación entre los pacientes intervenidos mediante tenotomía o tenodesis. Otros autores<sup>(27,43)</sup>, en cambio, aprecian más frecuentemente esta complicación en el caso de los pacientes sometidos a tenotomía. Es necesario diferenciar los calambres musculares del bíceps del dolor de la corredera bicipital o del lugar de la tenodesis, complicación más frecuente en los pacientes intervenidos mediante tenodesis. El dolor anterior se ha apreciado en cuatro pacientes (22,2%) en el presente estudio, si bien no ha sido causa de reintervención o pérdida de la satisfacción de los pacientes. Diversos autores han informado de esta complicación<sup>(15,24,44)</sup>, cuantificándose, en una revisión sistemática<sup>(23)</sup>, en un 24%, porcentaje similar al del presente estudio. 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 y cols.<sup>(45)</sup> 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, como se ha realizado en el presente estudio. Con la ventaja teórica de disminuir el dolor residual, Valenti y cols.<sup>(46)</sup> 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 demuestran una mejor vascularización de la PLB en la corredera bicipital.

En el presente estudio se asume la presencia de debilidades metodológicas. La primera es el pequeño tamaño de la muestra. La segunda, el seguimiento relativamente corto (12 meses). La ausencia de diferencia en el tiempo de fatiga entre el brazo intervenido y el sano lleva a pensar que el seguimiento es suficiente para estudiar la fatiga, dado que un mayor seguimiento no cambiaría lo apreciado o lo cambiaría a mejor, por los cambios adaptativos; asimismo, con un seguimiento más largo, la evolución podría alterar a mejor la prevalencia del dolor en la corredera o la presencia de disconfort muscular. También se asume como debilidad metodológica la inclusión de varones entre 18 y 65 años, que puede afectar a la extrapolación de los datos en la población general. Ampliar el número de la muestra e incluir rangos de edad diferentes y mujeres podría validar los resultados.

Los hallazgos obtenidos en el presente estudio son importantes para la práctica clínica, dado que la ausencia de diferencias en el tiempo de fatiga al realizar tenodesis, cuando en estudios de la fatiga sobre tenotomías<sup>(20)</sup> sí se ha apreciado, es un dato a favor de la realización de la tenodesis, en cuando a la biomecánica se refiere.

## Conclusiones

El hallazgo más importante en el presente estudio es la ausencia de diferencias en el tiempo de fatiga del bíceps (tiempo hasta la claudicación)

entre el brazo intervenido mediante tenodesis de la PLB con respecto al brazo sano y también con respecto al mismo brazo antes de la intervención. Estas conclusiones tienen su trascendencia en la práctica clínica en la toma de decisiones sobre la actuación en la PLB.

### Responsabilidades éticas

**Conflicto de interés.** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

**Financiación.** Este trabajo ha sido financiado con la ayuda de beca de la Sociedad Española de Artroscopia (AEA) y beca de la Sociedad Valenciana de Cirugía Ortopédica y Traumatología (SOTOCV).

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

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes y que todos los pacientes incluidos en el estudio han recibido información suficiente y han dado su consentimiento informado por escrito para participar en dicho estudio.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

### Bibliografía

1. Sethi N, Wright R, Yamaguchi K. Disorders of the long head of the biceps tendon. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;8:644-54.
2. Maynou C, Mehdi N, Cassagnaud X, Audebert S, Mestdagh H. [Clinical results of arthroscopic tenotomy of the long head of the biceps brachii in full thickness tears of the rotator cuff without repair: 40 cases]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2005;91:300-6.
3. 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.
4. 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.
5. Kim SH, Yoo JC. Arthroscopic biceps tenodesis using interference screw: end-tunnel technique. *Arthroscopy.* 2005;21:1405.
6. Sakurai G, Ozaki J, Tomita Y, Nakagawa Y, Kondo T, Tamai S. Morphologic changes in long head of biceps brachii in rotator cuff dysfunction. *J Orthop Sci.* 1998;3:137-42.
7. Senturk I, Ozalay M, Akpinar S, Leblebici B, Cinar BM, Tuncay C. Clinical and isokinetic comparison between tenotomy and tenodesis in biceps pathologies. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica.* 2011;45:41-6.
8. 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.
9. 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.
10. Ahrens PM, Boileau P. The long head of biceps and associated tendinopathy. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89:1001-9.
11. Gill TJ, McIrvine 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.
12. Oh JH, Lee YH, Kim SH, Park JS, Seo HJ, Kim W, 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.
13. 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.
14. Boileau P, Krishnan SG, Coste JS, Walch G. Arthroscopic biceps tenodesis: a new technique using bioabsorbable interference screw fixation. *Arthroscopy.* 2002;18:1002-12.
15. 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.
16. 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.

17. 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.
18. Shank JR, Singleton SB, Braun S, Kissenberth MJ, Ramappa A, Ellis H, 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.
19. Grabiner MD, Enoka RM. Changes in movement capabilities with aging. *Exerc Sport Sci Rev.* 1995;23:65-104.
20. García-Rellán JE, Sánchez-Alepuz E, Mudarra-García J. Increased fatigue of the biceps after tenotomy of the long head of biceps tendon. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26:3826-31.
21. García-Rellán JE, Sánchez-Alepuz E, de La Calva Ceños 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. *Revista Española de Cirugía Osteoarticular.* 2016;267:103-8.
22. Ditor DS, Hicks AL. The effect of age and gender on the relative fatigability of the human adductor pollicis muscle. *Canadian journal of physiology and pharmacology.* 2000;78:781-90.
23. Slenker NR, Lawson K, Ciccotti MG, Dodson CC, Cohen SB. Biceps tenotomy versus tenodesis: clinical outcomes. *Arthroscopy.* 2012;28:576-82.
24. Checchia SL, Doneux PS, Miyazaki AN, Silva LA, Fregoneze M, Ossada A, et al. Biceps tenodesis associated with arthroscopic repair of rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2005;14:138-44.
25. Drakos MC, Verma NN, Gulotta LV, Potucek F, Taylor S, Fealy S, et al. Arthroscopic transfer of the long head of the biceps tendon: functional outcome and clinical results. *Arthroscopy.* 2008;24:217-23.
26. De Carli A, Vadala A, Zanzotto E, Zampar G, Vetrano M, Iorio R, 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.
27. 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.
28. 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.
29. Hunter SK, Critchlow A, Enoka RM. Muscle endurance is greater for old men compared with strength-matched young men. *J Appl Physiol (1985).* 2005;99:890-7.
30. 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 (1985).* 2004;96:195-202.
31. Hunter SK, Enoka RM. Sex differences in the fatigability of arm muscles depends on absolute force during isometric contractions. *J Appl Physiol (1985).* 2001;91:2686-94.
32. 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.
33. The B, Brutty 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.
34. Duff SJ, Campbell PT. Patient acceptance of long head of biceps brachii tenotomy. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012;21:61-5.
35. Bohannon RW, Andrews AW. Standards for judgments of unilateral impairments in muscle strength. *Percept Mot Skills.* 1999;89:878-80.
36. Askew LJ, An KN, Morrey BF, Chao EY. Isometric elbow strength in normal individuals. *Clin Orthop Relat Res.* 1987;261-6.
37. 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.
38. 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;g2:133-6.
39. 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.
40. 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.
41. 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.

42. Osbahr DC, Diamond AB, Speer KP. The cosmetic appearance of the biceps muscle after long-head tenotomy versus tenodesis. *Arthroscopy*. 2002;18:483-7.
43. 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.
44. 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.
45. 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.
46. 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.