

Roturas “irreparables” del manguito rotador: trucos y consejos para conseguir una reparación artroscópica

Cristina Sánchez-Losilla,*[#] Alfred Ferré-Aniorte,*[#] Jorge Ramírez-Haua,** Pedro Álvarez-Díaz,*^{***} Ramón Cugat,*^{***} Eduard Alentorn-Geli*^{***}

*Instituto Cugat, Hospital Quirónsalud, Barcelona, España

**Mutualidad Española de Futbolistas, Federación Española de Fútbol – Delegación Cataluña, Barcelona, España

[#]Fundación García-Cugat, Barcelona, España

RESUMEN

Las roturas irreparables del manguito rotador son lesiones graves que pueden conllevar consecuencias drásticas en la calidad de vida de los pacientes. Pese a que su reparación es compleja y la tasa de re-rotura es alta, el intento de reparación se justifica por la ausencia de alternativas poco agresivas o paliativas. Cuando no se consigue una reparación, la alternativa es la transferencia tendinosa, la reconstrucción capsular superior o incluso la prótesis invertida de hombro. Por tanto, en muchos casos de cirugía primaria, se debe intentar la reparación artroscópica con el fin de “salvar” el manguito rotador gravemente lesionado. El objetivo de este artículo es resumir algunas de las técnicas artroscópicas para conseguir una reparación de roturas “irreparables” del manguito rotador.

Palabras clave: Lesión tendinosa; manguito rotador; reparación tendinosa; artroscopia.

Nivel de Evidencia: V Opinión de expertos

‘Irreparable’ Rotator Cuff Tears: Tips and Tricks to Achieve Arthroscopic Repair

ABSTRACT

Irreparable rotator cuff tears are major injuries that can drastically affect the quality of life of the patients. Despite the complexity of the procedure and the high rates of re-tear, surgical repair is justified due to the lack of less aggressive and palliative alternatives. If a repair is not achieved, surgical alternatives are considered including tendon transfer, superior capsular reconstruction, or even reverse shoulder arthroplasty. Accordingly, arthroscopic repair must be performed in order to save the severely injured rotator cuff. The aim of this study is to summarize some of the arthroscopic techniques for repairing the so-called irreparable rotator cuff tears.

Key words: Tendon injury; rotator cuff; tendon repair; arthroscopy.

Level of evidence: V. Expert opinion

INTRODUCCIÓN

Las roturas masivas del manguito rotador, según Patte, son aquellas que están dentro de los grupos III y IV de su clasificación, es decir, que presentan una rotura de espesor completo de dos o más tendones, con una afectación >4 cm de longitud.¹ Se define una rotura como irreparable cuando el grado de retracción impide la aproximación del tendón nativo a su huella de inserción en el húmero proximal, a pesar de la movilización del tejido y de la liberación de las adherencias. También se consideran irreparables las roturas con poco potencial curativo, es decir, aquellas en las que el intervalo acromiohumeral es <6 mm en una radiografía anteroposterior (Hamada-Fukuda grado 2),² las roturas grado III según la clasificación de Patte¹ y las roturas con hipotrofia severa de la musculatura (infiltración grasa >50%) (Goutallier tipo 3-4)^{3,4}. Así pues, se considera una rotura masiva irreparable cuando se combina un compromiso de dos o más tendones con una retracción del manguito en el plano coronal hasta el borde glenoideo y que, además, asocia una infiltración grasa >50%, con una migración vertical de la cabeza humeral.¹⁻⁴

Recibido el 17-6-2022. Aceptado luego de la evaluación el 21-6-2022. • Dra. CRISTINA SÁNCHEZ-LOSILLA • csanchez@institutocugat.com  <https://orcid.org/0000-0002-0444-8684>

Cómo citar este artículo: Sánchez-Losilla C, Ferré-Aniorte A, Ramírez-Haua J, Álvarez-Díaz P, Cugat R, Alentorn-Geli E. Roturas “irreparables” del manguito rotador: trucos y consejos para conseguir una reparación artroscópica. *Rev Asoc Argent Ortop Traumatol* 2022;87(4):559-569. <https://doi.org/10.15417/issn.1852-7434.2022.87.4.1604>

Es preciso tener en cuenta que no todas las roturas masivas son irreparables y que no todas las roturas irreparables son masivas. Según estudios publicados, la prevalencia de rotura masiva irreparable es del 40% de todas las roturas del manguito rotador⁵ y hasta un 40% de estas roturas son sintomáticas, lo que causa dolor y dificultad al realizar las actividades básicas de la vida diaria. Esta clínica suele acompañarse de pérdida de fuerza y limitación de la movilidad. En estos pacientes, se pueden plantear diferentes alternativas de tratamiento y así mejorar la sintomatología y evitar la progresión a un daño articular que obligaría a implantar una artroplastia invertida de hombro.

Actualmente se dispone de múltiples técnicas para el tratamiento de las roturas irreparables del manguito rotador, aunque ninguna es claramente superior a las demás. Para elegir el mejor tratamiento es fundamental considerar las características clínicas, y las necesidades y demandas funcionales de cada paciente, así como también las características de cada rotura tendinosa.

El propósito de este artículo es describir distintos trucos y consejos que se pueden aplicar cuando se realiza una reparación artroscópica de una rotura “irreparable” del manguito rotador.

TRUCOS Y CONSEJOS

Medialización de la huella

Se utiliza en pacientes con una rotura retraída del manguito rotador (por lo general, medial al ápex de la cabeza) en la que, una vez desbridada de manera estándar, no llega a cubrir la tuberosidad mayor e incluso, en ocasiones, apenas llega al hueso. En estos casos, la única opción de aumentar las posibilidades de reparación y cicatrización del tendón es una medialización de la huella. Esta técnica consiste en la eliminación de una parte del cartílago más lateral de la cabeza del húmero con el objetivo de exponer una cantidad extra de hueso en la tuberosidad mayor (Figura 1). Esto permite que la reparación del supraespinoso retraído pueda efectuarse en el hueso. La cantidad de cartílago que puede researse no está del todo bien estudiada, pero se acepta que pueden retirarse hasta 8-10 mm sin riesgo de crear un conflicto de espacio interno entre el tendón reparado y el labrum superior/inserción de la porción larga del bíceps. La medialización de la huella podría producir alteraciones biomecánicas por la menor distancia entre la inserción (en caso de cicatrizar) y el punto de rotación del hombro en las maniobras de abducción. Sin embargo, parece lógico pensar que la función será mejor con un tendón reparado y cicatrizado medialmente con respecto a un tendón no reparado o cicatrizado. Mediante la reparación parcial con medialización de la huella se consigue además evitar tensión sobre la sutura y así poder devolver la estabilidad al manguito de los rotadores siguiendo la teoría del puente colgante de Burkhart.⁶ Al reconstruir el cable del manguito de los rotadores, se recupera el equilibrio y se consigue mantener centrada la cabeza humeral para así mejorar la clínica, la función y también retrasar, en lo posible, la progresión hacia una artropatía subacromial del manguito rotador.⁶

Convergencia de márgenes

La convergencia de márgenes es una técnica que consiste en un cierre por aproximación de los márgenes tendinosos del manguito rotador restante, bien como técnica primaria, bien como técnica adyuvante a una reparación. En la primera, típicamente se utiliza sobre una rotura extensa normalmente en U (o L) retraída a glenoides, pero con un remanente tendinoso movable que permite la aproximación entre los extremos tendinosos anterior y posterior. En la técnica que utilizamos, se emplea una única sutura de alta resistencia que se entra y se recupera desde los portales posterolateral y anterolateral, con visión desde el portal lateral. Mediante un penetrador de tejido entrando desde posterior agarrando la mitad de la sutura (dejando dos cabos largos y equivalentes) se penetra el manguito rotador posterior de superior a inferior, y se hace lo propio con otro penetrador de tejido desde superior a inferior en la parte anterior del manguito rotador. El penetrador anterior recupera el *loop* de la sutura posterior y sale retrógradamente de la parte anterior del manguito rotador. En este momento, el penetrador de tejido entra por el *loop* que sobresale de la parte anterior del tendón y recupera uno de los cabos sueltos que salen de la parte posterior del manguito rotador, y este cabo se saca fuera del portal anterolateral. En esta instancia, el penetrador de tejido posterior agarra la sutura posterior y vuelve a atravesar la parte posterior del tendón de superior a inferior en un punto algo más lateral al atravesado antes. El penetrador de tejido anterior también atraviesa la parte anterior del tendón igualmente de superior a inferior, y recupera la sutura posterior que permanecía agarrada por el penetrador posterior, atravesando con esta la parte anterior del tendón de manera retrógrada, del mismo modo que había hecho con la anterior pasada. Tras atravesarlo, existirá otro *loop* creado y, entonces, el penetrador anterior entrará por este *loop* y agarrará la sutura libre que sale por el portal anterolateral, haciendo que esta pase a través de este segundo *loop*.

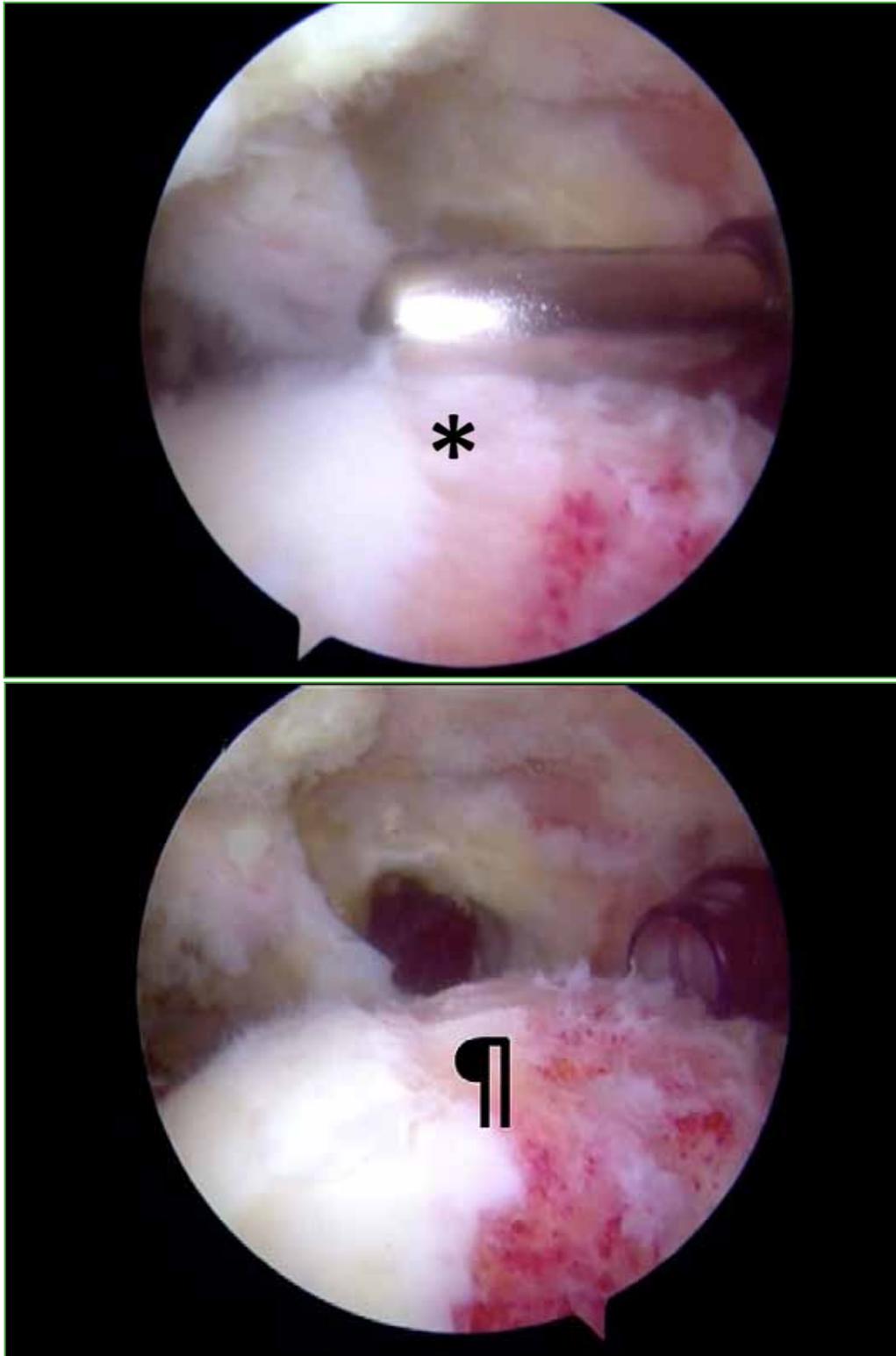


Figura 1. Rotura completa retraída del supraespinoso con visión desde el portal posterior. Se muestra la retirada de 5 mm del cartílago más superior de la cabeza humeral (*) y el aspecto final del hueso sangrante una vez retirado el cartílago (P).

Esta maniobra se repetirá tantas veces como sea necesaria hasta llegar a la parte más lateral del tendón. Entonces, se recuperará el cabo libre proveniente del portal posterolateral desde el portal anterolateral, y podrá anudarse mediante un nudo no corredizo, cerrando completamente el defecto tendinoso existente (Figura 2).

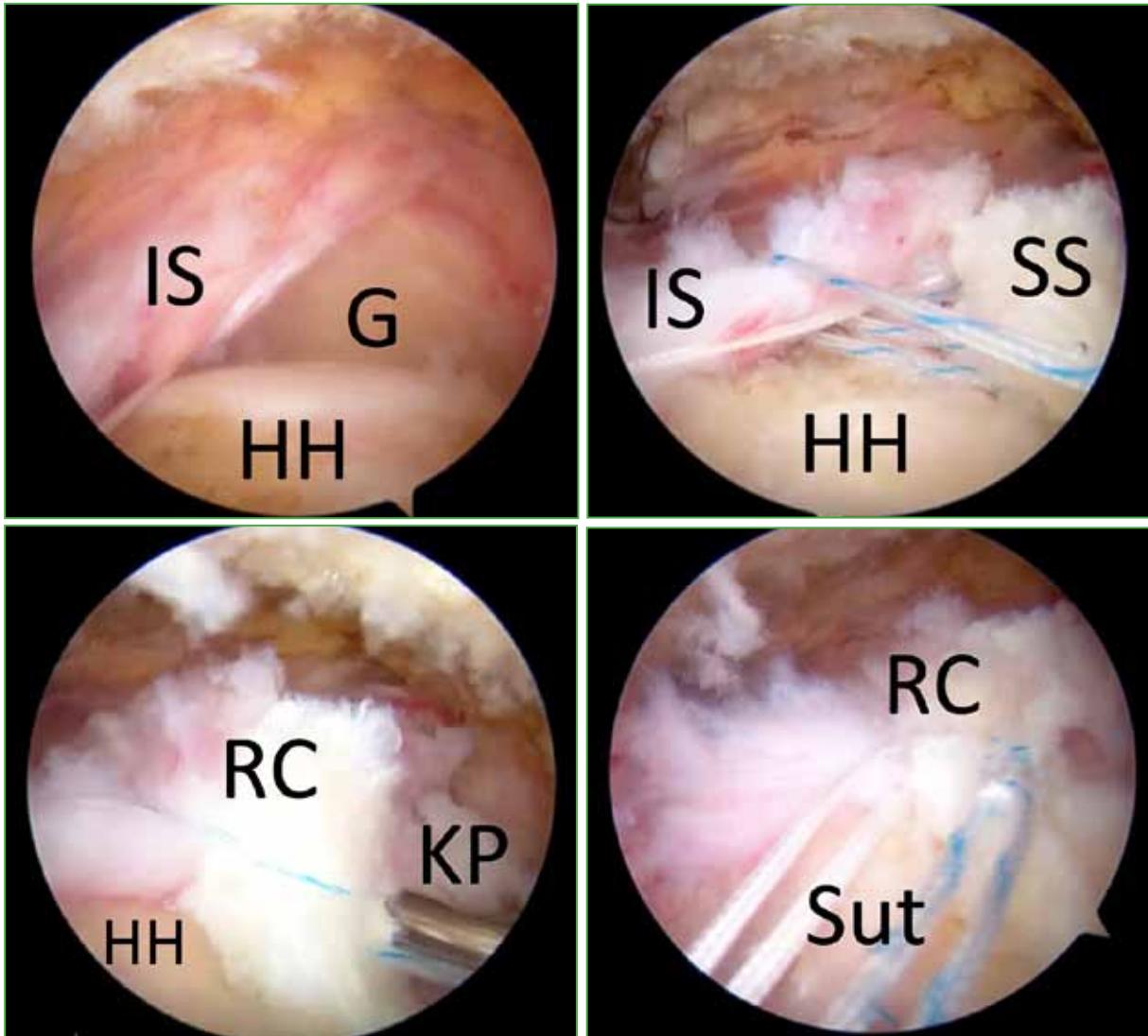


Figura 2. Rotura completa retraída del supraespinoso con visión lateral. Se aprecia la glena (G), el infraespinoso (IS) y la cabeza humeral (HH). Una vez pasadas las suturas, se consigue la aproximación de ambos tendones, obteniendo un cierre del manguito rotador (RC) una vez anudada la sutura de la convergencia de márgenes con el bajanudos (KP). Finalmente, las suturas de la convergencia y de un anclaje medial (Sut) pueden fijarse a través de un anclaje lateral sin nudos, para completar la reparación.

Es importante comentar que debe fijarse la convergencia de márgenes al hueso. Esta técnica básicamente convierte una rotura irreparable en reparable, pero entonces debe anclarse el tendón al hueso para que la cinética y la cinemática sean mejores. Nuestro método de elección para realizar el anclaje óseo equivaldría a una hilera doble. Antes de cerrar el defecto, se coloca un anclaje de sutura en el hueso a nivel medial, en la tuberosidad mayor, y se pasa un cabo de cada sutura a cada lado del tendón convergiendo (o 2 suturas si el anclaje tiene doble sutura) para posteriormente anudarlo una vez completado el cierre por convergencia. Las suturas de la convergencia y del anclaje pueden luego incorporarse a un anclaje sin nudos lateralmente. Cuando se emplea esta técnica es imprescindible la reparación tendinosa sin crear tensión en los pilares (infraespinoso y subescapular) y es necesario el máximo respeto biológico.

Cortes interválticos

Los cortes interválticos son una técnica descrita por Burkhart para conseguir aumentar la excursión lateral de un manguito rotador retraído y permitir así una reparación sin tensión.⁷ La apertura del intervalo posterior consiste en la separación entre el supraespinoso y el infraespinoso para facilitar la reducción del tendón hasta su huella (Figura 3).

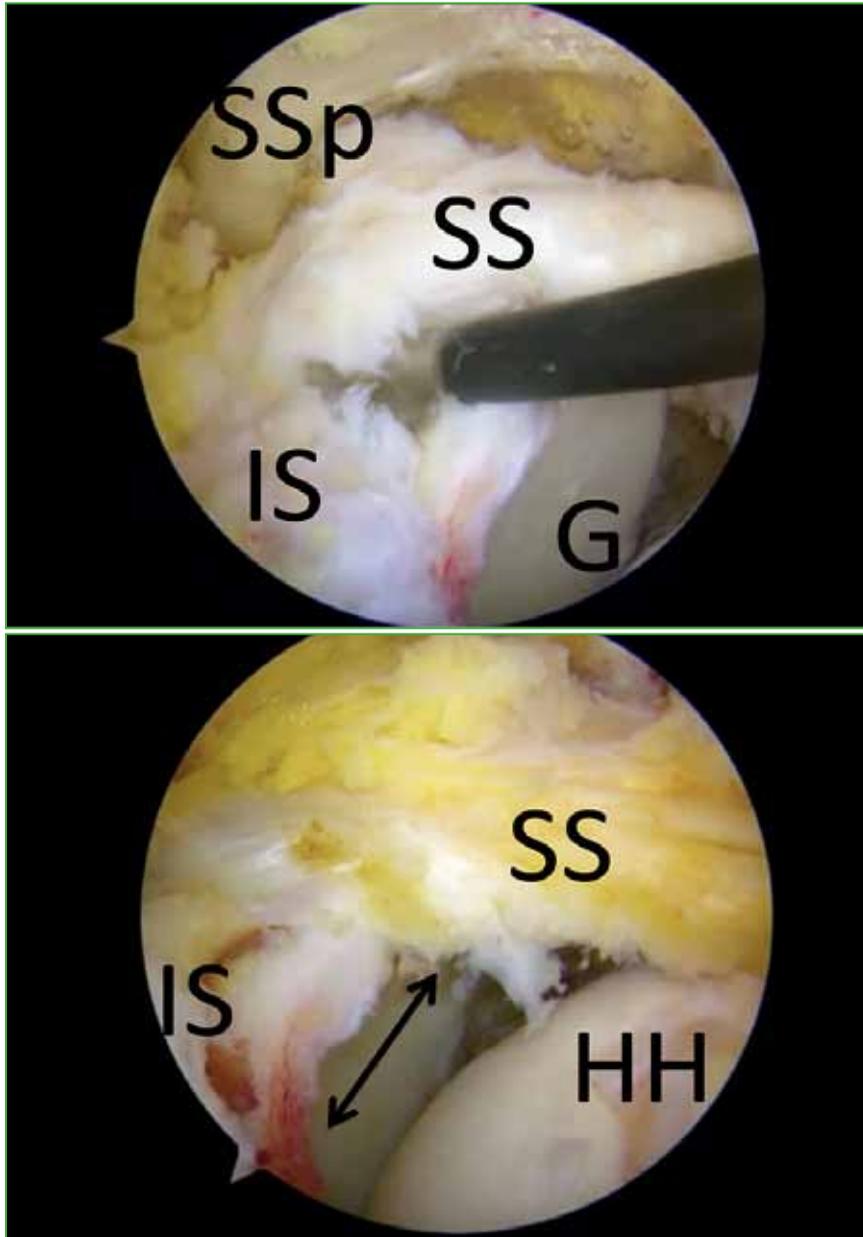


Figura 3. Rotura completa retraída del supraespinoso (SS) con visión posterior. Se muestra la glena (G), el infraespinoso (IS) y la exposición de la espina de la escápula (SSp) una vez realizado un corte interváltico entre el supraespinoso y el infraespinoso. Se aprecia como el supraespinoso es capaz de llegar a la cabeza humeral (HH). En última instancia, deberá realizarse una convergencia de márgenes para cerrar el espacio creado entre el infraespinoso y supraespinoso (doble flecha).

La apertura del intervalo anterior consiste en la separación entre el supraespinoso y el subescapular para, al igual que en la apertura del intervalo posterior, poder facilitar la reducción del tendón hasta su huella, aunque estos gestos tienen el riesgo de provocar una desvascularización de los tendones que puede dificultar la cicatrización. Así mismo, cabe comentar que los cortes interválicos pueden producir desajustes en las adaptaciones del acoplamiento de fuerzas ocurridas con el tiempo. Por tanto, es preciso asegurarse de que la técnica realmente permitirá una reparación cicatrizable del tendón, en especial, en su porción anterior. Para favorecer la biología y no lesionar la vascularización mientras se reducen las posibilidades de crear alteraciones biomecánicas, Lo y Burkhart describen la apertura del intervalo anterior en continuidad, esta consiste en la sección del ligamento coracohumeral de la base de la coracoides, de forma que, al reparar el subescapular, se facilita la reparación del supraespinoso con menor tensión evitando la división de la unión entre el subescapular y el supraespinoso.⁷ Cabe comentar que, a menudo, las tres técnicas deben combinarse, ya que los cortes interválicos, en ocasiones, solo permiten llegar al hueso si se realiza una medialización de la huella. Además, la apertura interválica posterior debe efectuarse, a veces, hasta la base de la espina de la escápula y, por tanto, es recomendable realizar luego una convergencia de márgenes posterior. Es importante señalar además que el corte interválico posterior debe efectuarse con precaución para no lesionar el nervio supraescapular a su paso por la escotadura espinoglenoidea.

Se puede optar por una tenotomía de la porción larga del bíceps como gesto añadido a las técnicas antes descritas con el objetivo de mejorar el dolor (Figura 4).⁸

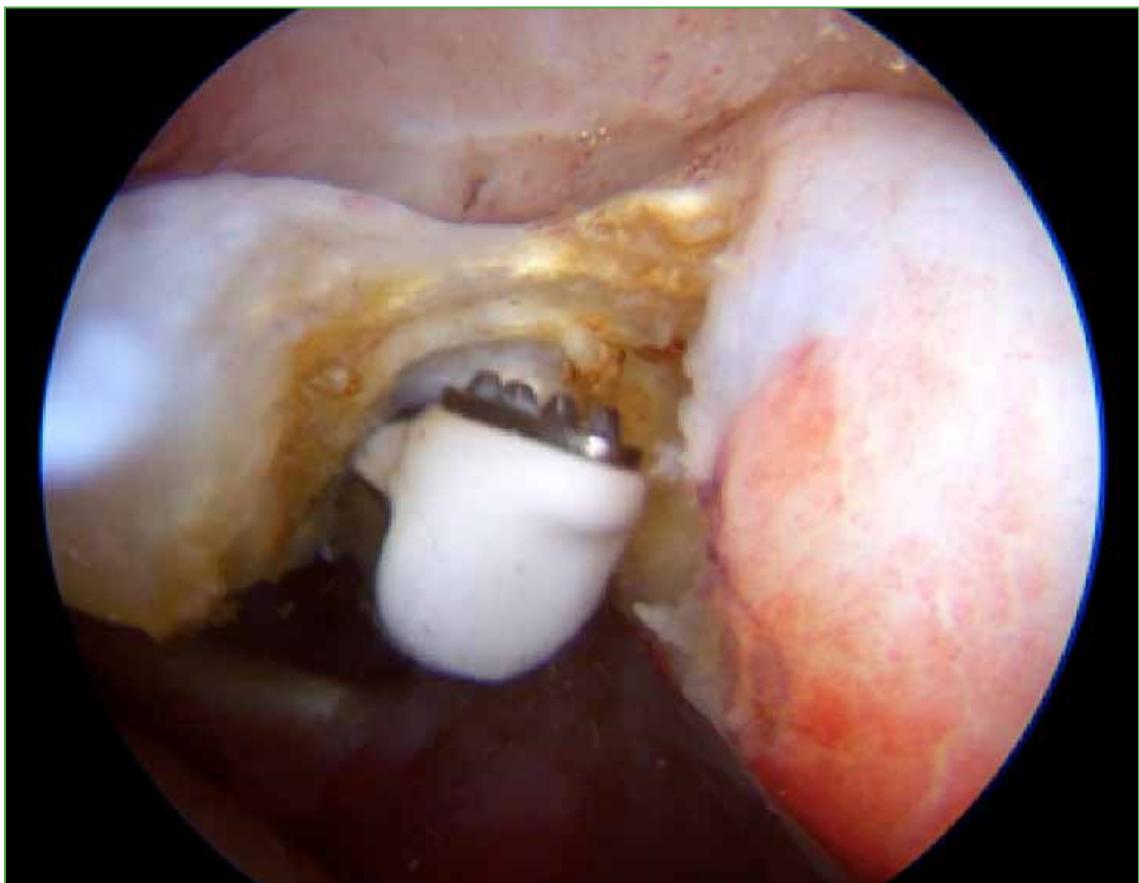


Figura 4. Visión posterior intrarticular durante una tenotomía del bíceps mediante un aparato de radiofrecuencia.

Medidas adicionales para favorecer la cicatrización

Espaciador subacromial

El espaciador subacromial es un dispositivo biodegradable que se coloca entre el acromion y la epífisis proximal del húmero (articulación acromiohumeral) y permite descender la cabeza humeral y así reducir la fricción durante la movilidad del hombro (Figura 5). Esto implica un mejor control del dolor y un aumento del rango de movilidad al evitar un posible o incluso presente ascenso de la cabeza humeral.⁹ Se trata de una técnica de rescate en pacientes >65 años con rotura masiva e irreparable del manguito rotador sin artropatía asociada, pero con una movilidad pasiva completa y una correcta estabilidad glenohumeral, cuando se busca realizar una alternativa previa a un procedimiento más invasivo debido a las condiciones generales del paciente. También se puede aplicar para aliviar el dolor subacromial producido por un ascenso de la cabeza humeral hasta que el manguito ha cicatrizado o la mejoría del dolor ha permitido un mejor equilibrio de fuerzas en el hombro. También se han descrito casos en los que se utiliza el espaciador subacromial como sistema de protección asociado a una sutura tendinosa para así conseguir disminuir la tasa de re-rotura.^{10,11}

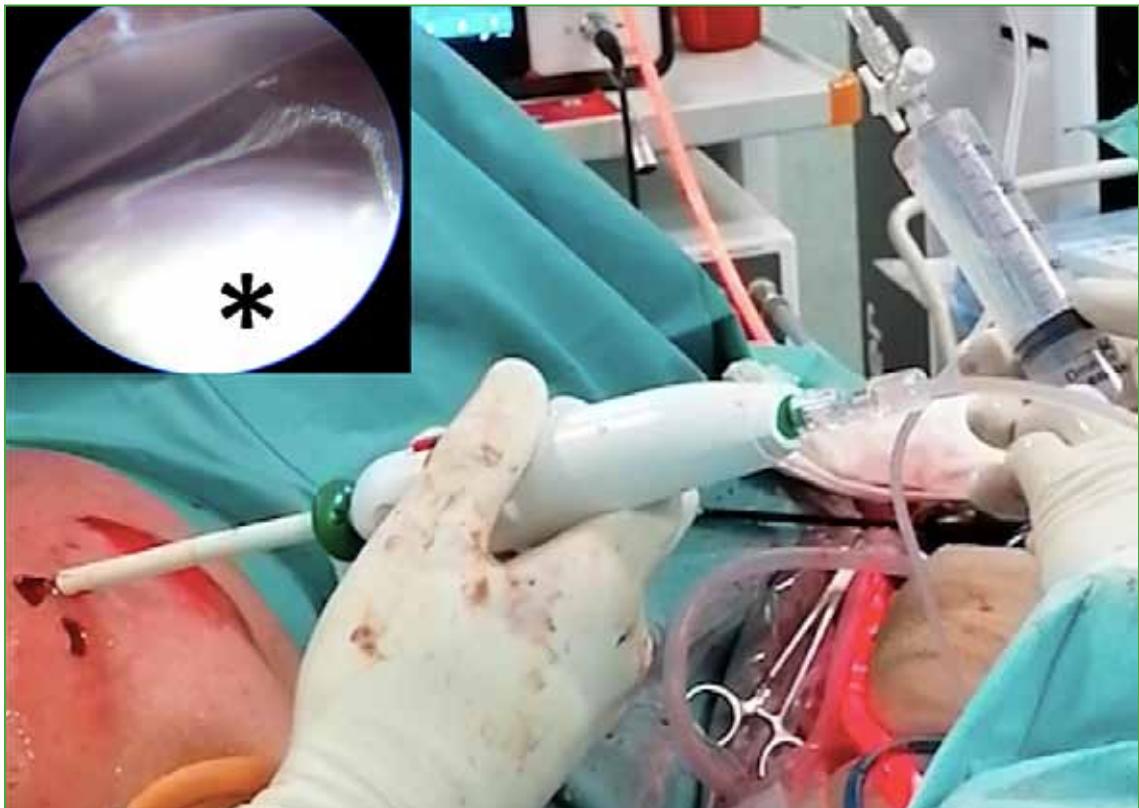


Figura 5. Visión exterior colocando un espaciador subacromial en un hombro izquierdo de un paciente en posición de silla de playa. La imagen del recuadro (*) muestra el aspecto interior (visión subacromial desde el portal posterior) del balón una vez insuflado con el suero estéril.

Plasma rico en plaquetas intratendinoso e intraóseo

Debido al potencial reparativo del plasma rico en plaquetas se puede utilizar como tratamiento coadyuvante para algunas de las técnicas antes descritas. Nuestra preferencia es la aplicación intraósea en contraposición a la intratendinosa o interfaz tendón-hueso, dado que, en la mayoría de los casos, el problema biológico subyace en el hueso subcondral y la entesis. El factor de crecimiento aplicado en la interfaz (unión tendón-hueso) fuga, en la mayoría de las ocasiones, al espacio subacromial o intrarticular, escapando, por tanto, de la zona donde más interesan estas proteínas. Incluso cuando el factor de crecimiento se aplica en el espacio subacromial o intrarticular,

hemos observado casos de rigidez articular en el contexto de una inmovilización posoperatoria como resultado de una reparación delicada de un manguito rotador. Esto puede deberse a la presencia de plasma rico en plaquetas en contraposición al plasma pobre en plaquetas, ya que las primeras (plasma rico en plaquetas) presentan un mayor potencial profibrótico. Sin embargo, incluso aplicando plasma pobre en plaquetas (con menor riesgo de rigidez posoperatoria), el hecho de que el factor escape al lugar donde interesa hace que la aplicación en interfaz no sea de nuestra elección. En cambio, optamos por una infiltración intraósea justo a nivel de la reparación (Figura 6).



Figura 6. Aplicación intraósea de factores de crecimiento sobre el hombro izquierdo en un paciente en posición de silla de playa. Se aprecia la colocación de un catéter Abbocath número 14 y cómo este permite la administración intraósea del factor de crecimiento una vez que se conecta a la jeringa que contiene el medicamento.

Esto se puede realizar de dos maneras. Por un lado, tenemos un sistema motorizado compuesto por un trocar con una aguja macho interior que puede quitarse, conectado a un motor (Arrow On Control Powered Bone Access System, Teleflex Medical Europe Ltd, Dublín, Irlanda) cubierto con una funda de plástico estéril. El trocar se introduce a motor y cuando se llega al punto deseado, se retira la camisa o aguja macho interior y se infiltra el factor de crecimiento. Si se desea modificar la posición de la aguja, se vuelve a enroscar la camisa o aguja macho, y se vuelve a conectar al motor. Otra alternativa menos costosa es utilizar una aguja de Kirschner de 0,8 mm que se introduce a motor desde lateral a nivel de la cortical de la tuberosidad mayor, bajo visión directa y se avanza unos 2 cm. Luego se deja la aguja de Kirschner y se utiliza un catéter Abbocath número 14 para canular la aguja. Una vez que el Abbocath está introducido en el hueso, se retira la aguja de Kirschner y se infiltra el factor de crecimiento. Es importante señalar que el espacio subacromial no debe quedar lleno de factor de crecimiento, sino que interesa que este quede a nivel de la tuberosidad mayor.

Microperforaciones

La creación de microperforaciones en la huella humeral antes de la reparación tendinosa permite mejorar el entorno biológico aportando un mayor flujo local de células madre y de otros factores que favorecen la cicatrización del tendón.¹² Sin embargo, esta técnica quedaría desaconsejada cuando la cabeza humeral es muy osteoporótica, porque existe el riesgo de debilitar aún más el hueso y producir una falla del anclaje del tendón al hueso.

Instrucciones posoperatorias: inmovilizador en abducción

La ortesis en abducción es una herramienta que se puede utilizar tras una reparación del manguito rotador para disminuir la tensión sobre la sutura. En estudios biomecánicos e *in vitro*, se ha demostrado que la cantidad de tensión soportada por el manguito rotador está influenciada por la posición del hombro. Por lo tanto, podemos reducir la tensión soportada en la zona reparada dejando el brazo en abducción y así disminuir la tasa de re-roturas y favorecer una pronta cicatrización.^{13,14} Los grados de abducción pueden ir disminuyendo a medida que pasan las semanas. Normalmente se empezará por una abducción de alrededor de 60° durante unas dos semanas, disminuyendo a partir de entonces 10° por semana. Esto solo tiene interés en aquellas roturas más retraídas y con una reparación más delicada.

Técnicas de rescate: la transferencia tendinosa

Tras la reparación de las roturas masivas del manguito rotador, las tasas de re-rotura tendinosa oscilan entre el 40% y el 70%.¹⁵ Por ello, en ocasiones, recomendamos realizar una transferencia tendinosa añadida a una reparación límite. Nuestra transferencia tendinosa de elección para roturas irreparables del manguito posterosuperior es la de Elhassan, que consiste en la transferencia del trapecio inferior a la tuberosidad mayor con el aumento de aloinjerto de tendón de Aquiles. La adición de esta transferencia a una reparación límite es importante en el caso de que exista una deficiencia de rotación externa activa o incluso pseudoparálisis preoperatoria. Con esta técnica logramos una mejora tanto en la disminución del dolor como en la fuerza del hombro (Figura 7).^{16,17}

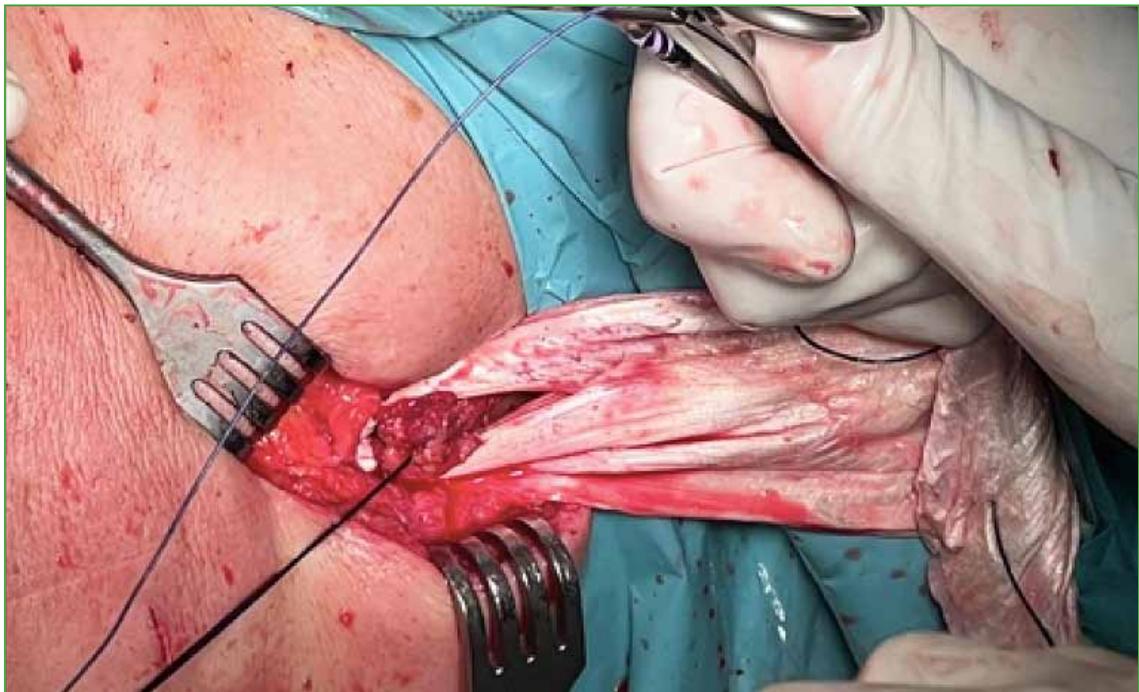


Figura 7. Transferencia tendinosa de trapecio inferior para la reconstrucción de la rotura irreparable del manguito rotador. Fotografía posterior que muestra la conexión entre el aloinjerto de tendón de Aquiles con el trapecio inferior.

CONCLUSIONES

Existen diferentes técnicas artroscópicas que permiten aumentar las posibilidades de reparación de roturas complejas “irreparables” del tendón del supraespinoso. Estas incluyen la medialización de la huella, la convergencia de márgenes, los cortes interválicos, el espaciador subacromial, las terapias biológicas (plasma rico en plaquetas), las microperforaciones o los inmovilizadores espaciales en abducción. Hay que tener en cuenta que estas roturas tienen una alta tasa de re-rotura por mala cicatrización. El paciente debe conocer las expectativas reales a las que debe aspirar. No obstante, estos son algunos de los trucos que van a permitir aumentar las posibilidades de éxito ante una reparación compleja. Todo ello puede posibilitar una mejoría clínica y la funcionalidad del paciente, así como evitar la progresión a la artrosis glenohumeral y con ello la consiguiente colocación de una artroplastia invertida.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran conflictos de intereses.

ORCID de C. Sánchez-Losilla: <https://orcid.org/0000-0002-0444-8684>

ORCID de A. Ferré-Aniorte: <https://orcid.org/0000-0003-0940-4557>

ORCID de J. Ramírez-Haua: <https://orcid.org/0000-0001-8011-3248>

ORCID de P. Álvarez-Díaz: <https://orcid.org/0000-0002-2230-4860>

ORCID de R. Cugat: <https://orcid.org/0000-0003-4870-2944>

ORCID de E. Alentorn-Geli: <https://orcid.org/0000-0002-8979-8404>

BIBLIOGRAFÍA

1. Patte D. Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop Relat Res* 1990;(254):81-6. PMID: 2323151
2. Hamada K, Yamanaka K, Uchiyama Y, Mikasa T, Mikasa M. A radiographic classification of massive rotator cuff tear arthritis. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:2452-60. <https://doi.org/10.1007/s11999-011-1896-9>
3. Goutallier D, Postel J-M, Bernageau J, Lavau L, Voisin M-C. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. *Clin Orthop Relat Res* 1994;78-83. PMID: 8020238
4. Khair MM, Gulotta LV. Treatment of irreparable rotator cuff tears. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2011;4(4):208-13. <https://doi.org/10.1007/s12178-011-9098-3>
5. Peláez DP, Ortega AE, Flores A, Barón MG. Espaciador subacromial para el tratamiento artroscópico del desgarramiento masivo del manguito rotador. *An Med (Mex)* 2017;62(1):69-73. Disponible en: <https://www.topdoctors.mx/pdf/public/1c5b943a650f1ebe1090052081d6fba/espaciador-subacromial-para-el-tratamiento-artroscopico-del-desgarro-masivo-del-manguito-rotador-presentacion-de-un-caso.pdf>
6. Burkhart SS, Esch JC, Jolson RS. The rotator crescent and rotator cable: an anatomic description of the shoulder's “suspension bridge”. *Arthroscopy* 1993;9(6):611-6. [https://doi.org/10.1016/s0749-8063\(05\)80496-7](https://doi.org/10.1016/s0749-8063(05)80496-7). Erratum in: *Arthroscopy* 1994;10(2):239. [https://doi.org/10.1016/S0749-8063\(05\)80104-5](https://doi.org/10.1016/S0749-8063(05)80104-5)
7. Lo IK, Burkhart SS. The interval slide in continuity: a method of mobilizing the anterosuperior rotator cuff without disrupting the tear margins. *Arthroscopy* 2004;20(4):435-41. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2004.01.016>
8. Boileau P, Baqué 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(4):747-57. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.01097>
9. Savarese E, Romeo R. New solution for massive, irreparable rotator cuff tears: The subacromial “biodegradable spacer”. *Arthrosc Tech* 2012;1(1):e69-e74. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2012.02.002>
10. Senekovic V, Poberaj B, Kovacic L, Mikek M, Adar E, Dekel A. Prospective clinical study of a novel biodegradable sub-acromial spacer in treatment of massive irreparable rotator cuff tears. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2013;23(3):311-6. <https://doi.org/10.1007/s00590-012-0981-4>
11. Szöllösy G, Rosso C, Fogerty S, Petkin K, Lafosse L. Subacromial spacer placement for protection of rotator cuff repair. *Arthrosc Tech* 2014;3(5):e605-e609. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2014.06.017>
12. Ruiz Ibán MA, Sanchez Alepuz E, Diaz Heredia J, Hachem AI, Ezagüi Bentolila L, Calvo A, et al. Footprint preparation with nanofractures in a supraspinatus repair cuts in half the retear rate at 1-year follow-up. A randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2021;29(7):2249-56. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06073-7> Erratum in: *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022;30(3):1122. <https://doi.org/10.1007/s00167-020-06118-x>

13. Jackson M, Sylvestre E, Bleau J, Allard P, Begon M. Estimating optimal shoulder immobilization postures following surgical repair of massive rotator cuff tears. *J Biomech* 2013;46(1):179-82. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.09.026>
14. Jerosch J, Castro WH. [Stress on the rotator cuff sutures in relation to joint position]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1993;131(4):317-22. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1040032> [En alemán]
15. DeOrto JK, Cofield RH. Results of a second attempt at surgical repair of a failed initial rotator-cuff repair. *J Bone Joint Surg Am* 1984;66(4):563-7. PMID: 6707035
16. Elhassan BT, Alentorn-Geli E, Assenmacher AT, Wagner ER. Arthroscopic-assisted lower trapezius tendon transfer for massive irreparable posterior-superior rotator cuff tears: surgical technique. *Arthrosc Tech* 2016;5(5):e981-88. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2016.04.025>
17. Elhassan BT, Sánchez-Sotelo J, Wagner ER. Outcome of arthroscopically assisted lower trapezius transfer to reconstruct massive irreparable posterior-superior rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 2020;29(10):2135-42. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.02.018>