

# El manguito rotador intervenido: técnicas quirúrgicas, resultados clínicos y evaluación con resonancia magnética

J.M. Mellado<sup>a,b</sup> y J. Calmet<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Sección de Radiología. Hospital Reina Sofía. Tudela. Navarra. España.

<sup>b</sup>Instituto de Diagnóstico por la Imagen. Hospital Universitario de Tarragona Juan XXIII. Tarragona. España.

<sup>c</sup>Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Universitario de Tarragona Juan XXIII. Tarragona. España.

El tratamiento quirúrgico de las roturas del manguito rotador mejora significativamente la sintomatología dolorosa y la capacidad funcional de muchos pacientes. A pesar de los avances recientes, hasta un 25% de los enfermos permanecen sintomáticos después de la cirugía. Esto ha llevado a investigar las causas de los malos resultados, su identificación por métodos de imagen y su evitación con nuevos esquemas terapéuticos. Basándonos en nuestra experiencia clínica revisamos las alternativas disponibles en el tratamiento de las roturas del manguito rotador, analizando los principales motivos de controversia y las posibles causas del fracaso quirúrgico. Además, repasamos las expectativas, dificultades y requisitos del diagnóstico por la imagen durante el seguimiento del manguito rotador intervenido, haciendo especial énfasis en los hallazgos y aportaciones clínicas de la resonancia magnética.

**Palabras clave:** manguito rotador, cirugía, resonancia magnética.

## The postsurgical rotator cuff: surgical techniques, clinical outcome, and MRI evaluation

Surgical treatment of rotator cuff tears significantly reduces painful symptoms and improves functional capacity in many patients. However, despite recent advances, up to 25% of patients remain symptomatic after surgery. This has led to research into the reasons for these poor outcomes, including how to identify them with imaging methods and how to avoid them through new therapeutic approaches. Based on our clinical experience, we review the available treatment alternatives for rotator cuff tears, analyzing the main areas of controversy and the possible causes of unsatisfactory outcome after surgery. Furthermore, we review the expectations, difficulties, and requirements of diagnostic imaging in the follow-up of surgically treated rotator cuffs, with special emphasis on the MRI findings and their clinical impact.

**Key words:** rotator cuff, surgery, magnetic resonance imaging.

## Introducción

Las roturas del manguito rotador constituyen una importante causa de dolor e impotencia funcional del hombro. Generalmente se producen en un contexto de atrapamiento subacromial extrínseco primario, en el que fenómenos degenerativos y acontecimientos traumáticos pueden favorecer o precipitar su instauración. Las roturas del manguito rotador son progresivamente más prevalentes a partir de la quinta década. Su diagnóstico preoperatorio se basa en la historia clínica, la exploración física y el diagnóstico por la imagen, y su tratamiento puede ser abordado con esquemas conservadores o con diversas técnicas quirúrgicas. El tratamiento quirúrgico de las roturas del manguito rotador mejora significativamente la sintomatología dolorosa y la capa-

cidad funcional de los pacientes. A pesar de los avances recientes, hasta un 25% de los enfermos permanecen sintomáticos después de la cirugía. Esto ha llevado a investigar las causas de los malos resultados, su identificación por métodos de imagen y su evitación con nuevos esquemas terapéuticos<sup>1</sup>.

En este contexto los estudios clínico-radiológicos postoperatorios basados en arthrografía<sup>2-5</sup>, ecografía<sup>6-15</sup>, tomografía computarizada (TC) o artro-TC<sup>16-18</sup> y resonancia magnética (RM)<sup>19-51</sup> o artro-RM<sup>52,53</sup> han resultado fundamentales para la optimización de indicaciones y técnicas quirúrgicas, aportando información pronóstica y mejorando nuestra comprensión de la enfermedad. Dichos estudios nos han enseñado además a discriminar entre hallazgos postoperatorios habituales, lesiones residuales o recurrentes, patologías intercurrentes y complicaciones postquirúrgicas. A pesar de la abundante literatura disponible el diagnóstico por la imagen del manguito intervenido alberga aún numerosos enigmas, susceptibles de investigación específica.

Basándonos en nuestra experiencia clínica revisamos las alternativas disponibles en el tratamiento de las roturas del manguito rotador, reflejando los principales motivos de controversia y las posibles causas del fracaso quirúrgico. Además, revisamos brevemente la utilidad de las diversas técnicas diagnósticas disponibles en el seguimiento del manguito intervenido, y estudiamos en detalle los hallazgos y utilidad clínica de la RM en estos enfermos.

### Correspondencia:

JOSÉ M. MELLADO SANTOS. Sección de Radiología. Hospital Reina Sofía. Ctra. Tarazona, km 4. 31500 Tudela. Navarra. España. jmellado@comz.org

Recibido: 13-XI-06

Aceptado: 27-II-07

## Tratamiento de las roturas del manguito rotador

En las roturas sintomáticas del manguito rotador la selección del tratamiento oportuno se basa en diversos factores, como la edad y expectativas del paciente, la existencia de antecedente traumático, el tamaño de la rotura, el grado de retracción muscular-tendinosa y el grado de atrofia y degeneración grasa muscular<sup>1</sup>.

## Tratamiento conservador

Aunque el tratamiento conservador puede ser eficaz a cualquier edad resulta especialmente apropiado a partir de la sexta década de la vida. En este grupo de edad el alivio sintomático del dolor es más prioritario que la plena recuperación funcional. Estos pacientes suelen además presentar roturas crónicas en manguitos con pobre calidad tisular y avanzada atrofia muscular, factores que complican la reparación y posterior recuperación.

El tratamiento conservador combina calor local, antiinflamatorios no esteroideos e infiltraciones subacromiales con el propósito de controlar el dolor. A continuación se introducen ejercicios de estiramiento capsular y fortalecimiento muscular, durante 6 a 12 semanas, dirigidos a la recuperación funcional. Este plan terapéutico puede alcanzar resultados favorables hasta en un 68% de los casos<sup>54</sup>.

## Tratamiento quirúrgico de las roturas no masivas del manguito rotador

En las roturas de diámetro inferior a 50 mm las principales metas del tratamiento quirúrgico son conseguir una reparación completa del desgarro (con el fin de recuperar fuerza muscular) y eliminar o reducir el compromiso subacromial (con el objetivo de aliviar la sintomatología dolorosa y prevenir la rotura iterativa). Es necesario además preservar el músculo deltoides y prevenir la rigidez postquirúrgica. La finalidad última es influir favorablemente en la historia natural de la entidad mediante un alivio significativo del dolor y una mejora sostenida de la capacidad funcional<sup>1</sup>.

Suele indicarse tratamiento quirúrgico en las roturas sintomáticas de pacientes con gran demanda funcional, en los que el tratamiento conservador ha resultado ineficaz. Un resultado óptimo requiere una indicación correcta, una técnica quirúrgica impecable y una rehabilitación adecuada. El tamaño del desgarro, el grado de retracción, la calidad y cantidad del tendón residual y el estado del músculo determinan además la dificultad técnica de la reparación e influyen en el pronóstico posquirúrgico<sup>1</sup>.

La primera descripción de una reparación del tendón supraespinoso se debe a Codman<sup>55</sup>, aunque ya existían antecedentes en la cirugía de la inestabilidad gleno-humeral<sup>56</sup>. En 1972 Neer propuso la acromioplastia anterior abierta combinada con resección del ligamento coraco-acromial, artroplastia acromio-clavicular y sutura tendón-hueso<sup>57</sup>. Esta técnica, estándar durante mucho tiempo, alcanza una prevalencia de resultados favorables próxima al 85%<sup>58,59</sup>.

Se han producido no obstante notables evoluciones tanto en la técnica de abordaje (coexisten técnicas abiertas, mini-open o puramente artroscópica, con similares resultados) como en el material quirúrgico utilizado (anclajes ferromagnéticos, no ferromagnéticos de titanio o biorreabsorbibles). En la actuali-

dad las roturas parciales de bajo grado suelen tratarse con desbridamiento simple, reservándose para las de alto grado la resección y posterior sutura artroscópica tendón-tendón. En roturas completas de tamaño pequeño o mediano se realizan suturas tendón-tendón, o tendón-hueso en las lesiones más distales. En lesiones mayores de 3 cm suele ser necesaria la reparación por convergencia de márgenes combinada con sutura tendón-hueso.

## Tratamiento quirúrgico de las roturas masivas del manguito rotador

Las roturas masivas muestran un diámetro ≥ 50 mm. Involucran dos o más tendones y suelen cursar con avanzada degeneración muscular. En estas lesiones la reparación completa es técnicamente difícil, pero frecuentemente posible tanto en cirugía abierta<sup>5,60-63</sup> como artroscópica<sup>14,64</sup>. En la actualidad la reparación de roturas masivas alcanza resultados favorables en un 70-95% de los casos. Estos resultados clínicos son similares a los obtenidos en roturas no masivas. Esta noción contradice algunas opiniones arraigadas en la literatura ortopédica tradicional, que consideraba notablemente peor el pronóstico de las roturas masivas.

Muchas roturas masivas son técnicamente irreparables debido a la combinación de severo déficit tendinoso y avanzada retracción proximal. En estos casos puede optarse entre el tratamiento conservador y diversas técnicas quirúrgicas, como el desbridamiento, la reparación parcial, la transferencia tendinosa, el injerto o la prótesis total invertida.

El desbridamiento es apropiado en pacientes mayores de 70 años con bajas demandas funcionales y buena función deltoidea. Generalmente se asocia con acromioplastia conservadora, artroplastia de resección acromioclavicular y ocasional tenotomía de la porción larga del bíceps. Este plan alcanza buenos resultados en un 83% de los casos<sup>65</sup>, aunque hasta un 39% desarrolla una artropatía del manguito rotador durante el seguimiento<sup>66</sup>.

El hecho paradójico de que muchas roturas de manguito sean funcionalmente viables llevó a Burkhardt a proponer el modelo del puente colgante, marco teórico que justifica biomecánicamente las reparaciones parciales<sup>67</sup>. En la reparación parcial el objetivo es convertir una rotura grande disfuncional en una pequeña con suficiente contención de la cabeza humeral y balance articular mejorado<sup>68</sup>.

En pacientes más jóvenes y activos, en los que se requiere recuperar potencia de elevación activa de la extremidad, las roturas irreparables pueden tratarse con transferencia tendinosa del pectoral mayor, para las lesiones antero-superiores<sup>69</sup> o del dorsal ancho y redondo mayor para las lesiones postero-superiores<sup>70</sup>.

Finalmente, en las roturas masivas crónicas que desarrollan una artropatía del manguito rotador<sup>71</sup> puede optarse por la prótesis total invertida, siempre que el deltoides anterior mantenga una capacidad normal de contracción. Los buenos resultados que parecen obtener estas prótesis deben aún confirmarse con seguimientos prolongados<sup>72</sup>.

## Controversias en el tratamiento quirúrgico de las roturas del manguito rotador

La necesidad de intervenir las roturas de manguito es cuestionada, ya que su prevalencia alcanza el 50% tanto en estudios ca-

davéricos<sup>73-78</sup> como en poblaciones asintomáticas<sup>79-84</sup>. Aunque más de la mitad de las roturas indoloras acaban manifestándose clínicamente<sup>85</sup>, el tratamiento conservador ha probado su eficacia sobradamente<sup>84</sup>. En todo caso, el aumento de la esperanza y calidad de vida ha elevado la prevalencia de roturas en pacientes activos de edad avanzada, impulsando las indicaciones quirúrgicas<sup>85</sup>.

La pertinencia de la reparación tendinosa es también controvertida, dada la alta prevalencia de roturas iterativas, frecuentemente asintomáticas, y los buenos resultados del desbridamiento combinado con descompresión subacromial<sup>67</sup>. Sin embargo, se ha demostrado que los resultados de la descompresión tienden a deteriorarse con el tiempo<sup>86</sup>, y de hecho, los resultados de la sutura abierta son superiores a los de la simple descompresión arthroscópica<sup>87</sup>.

El momento más oportuno para realizar la intervención es objeto de debate. Demorar excesivamente la cirugía es perjudicial, pues las roturas tienden a ampliarse<sup>84</sup>, la degeneración grasa se hace más severa y puede sobrevenir una artropatía del manguito rotador<sup>71</sup>, lo cual compromete la indicación y técnica quirúrgicas, así como el pronóstico funcional. Por otra parte, la indicación quirúrgica inmediata, obviando un intervalo de tratamiento conservador, no suele utilizarse de forma sistemática.

La acromioplastia idónea ha sido muy discutida, siendo perjudicial tanto una resección agresiva<sup>88</sup> como otra excesivamente conservadora<sup>89</sup>. En la actualidad, el papel etiopatogénico del acromion se halla además sujeto a revisión. La resección del ligamento coraco-acromial es abiertamente cuestionada, y de hecho éste puede regenerarse postoperatoriamente<sup>90</sup>. Además, la sutura del manguito sin apenas descompresión subacromial puede resultar eficaz<sup>91</sup>. La artroplastia acromio-clavicular<sup>57</sup> o la resección distal de la clavícula<sup>92</sup> proporcionan alivio sintomático si se indican correctamente. En la identificación de la articulación dolorosa la RM puede resultar útil<sup>93</sup>. Sin embargo, se ha sugerido que la artrosis acromioclavicular no es una verdadera causa mayor de atrapamiento subacromial extrínseco, sino más bien su consecuencia. Aunque suele asociarse bursectomía a la descompresión subacromial, la preservación de la bursa podría contribuir a la cicatrización tendinosa<sup>94</sup>.

El uso de diferentes técnicas de sutura depende de las preferencias individuales, del estado del tendón residual, de la morfología, tamaño y localización del desgarro y de otras circunstancias. La RM preoperatoria tiende a minusvalorar el tamaño de la rotura<sup>33,34</sup>, pero puede definir su morfología (en "C", en "U", longitudinal)<sup>95</sup> y el grado de retracción, contribuyendo así a la planificación quirúrgica. Las suturas dobles proporcionan mayor resistencia<sup>96</sup>, aunque tal vez similares resultados globales<sup>97</sup>. El número de anclajes óseos no parece ser determinante<sup>98</sup>. Los biorreabsorbibles son los más utilizados, especialmente en artroscopia. Los parches sintéticos o biológicos son sin embargo escasamente recomendados<sup>99,100</sup>.

La realización de tenotomía o tenodesis bicipital durante la reparación del manguito puede mejorar los resultados, siendo preferible a la tenotomía desde el punto de vista cosmético y funcional, y reservándose la tenodesis para pacientes más jóvenes<sup>101,102</sup>.

## Fracaso del tratamiento quirúrgico: prevalencia y causas

Los avances en el radiodiagnóstico, la cirugía y la rehabilitación han mejorado el pronóstico del manguito intervenido. Sin embargo, hasta un 11% de las acromioplastias, y hasta un 25% de las reparaciones tendinosas, cursan con sintomatología poste-

ratoria. En la evaluación de los malos resultados es importante delimitar la influencia de factores pronósticos adversos, indicaciones incorrectas, diagnósticos imprecisos o técnicas deficientes que pueden ocasionar lesiones residuales o recurrentes, patologías intercurrentes y complicaciones postquirúrgicas<sup>103-106</sup>.

Los indicadores generales de mal pronóstico ataúnen al estado del paciente, e incluyen edad avanzada, origen insidioso de las molestias, relación con la actividad laboral, evolución prolongada del cuadro, tabaquismo, desnutrición, inyecciones corticoideas repetidas, artritis crónica, o antecedentes de acromioplastia y reparación de manguito. Por su parte, la debilidad severa, la inestabilidad gleno-humeral o la rigidez de hombro pueden también influir negativamente en el pronóstico postoperatorio.

Algunos indicadores específicos de mal pronóstico ataúnen a las características intrínsecas de la lesión. La existencia de desgarro tendinoso de gran amplitud, especialmente si es degenerativo, con retracción proximal severa, degeneración muscular avanzada, pinzamiento subacromial acusado, o artrosis gleno-humeral incipiente, perjudica el pronóstico postquirúrgico y puede llegar a desaconsejar la cirugía.

El fracaso quirúrgico puede deberse a una indicación incorrecta, generalmente ligada a un diagnóstico clínico inadecuado. Es el caso de la capsulitis adhesiva, la tendinitis calcificante, la inestabilidad gleno-humeral, el atrapamiento del nervio supraescapular, el os acromiale inestable, la lesión tipo SLAP, la tenosinovitis bicipital, o los dolores referidos de origen cervical o torácico, que pueden simular o asociarse con patología del manguito, pasando inadvertidas y generando erróneos planteamientos terapéuticos.

Además de un diagnóstico clínico erróneo, una deficiente evaluación radiológica preoperatoria puede condicionar negativamente la cirugía. Por ejemplo, una subestimación preoperatoria del tamaño del desgarro, del grado de retracción, de la atrofia muscular infraespinal o deltoidea, del ascenso de la cabeza humeral, o de la artrosis gleno-humeral puede asociarse a malos resultados. Frecuentemente, una inadvertida lesión de la porción larga del bíceps conlleva la omisión del gesto quirúrgico oportuno.

Los malos resultados pueden también derivar de una deficiente técnica quirúrgica. Una descompresión subacromial conservadora puede causar atrapamiento residual. Alternativamente, una descompresión subacromial excesivamente agresiva puede, por el contrario, precipitar una fractura acromial, una dehiscencia deltoidea o una inestabilidad gleno-humeral<sup>103-107</sup>.

La movilización deficiente de los márgenes tendinosos, la deficiente descompresión subacromial o el mal uso del material de sutura pueden producir rigidez o tensión y aumentan las probabilidades de una rotura iterativa<sup>108</sup>. Incluso con una técnica impecable la rotura iterativa es muy frecuente, y es recogida en algunas series como la complicación postoperatoria más habitual<sup>103-108</sup>. Una inadecuada rehabilitación y otras posibles complicaciones pueden también conducir al fracaso de la cirugía realizada.

## Diagnóstico por la imagen del manguito rotador intervenido

En manguitos intervenidos el diagnóstico por la imagen puede permitir identificar la causa de los malos resultados, y ocasionalmente contribuir a una correcta indicación de la cirugía de revisión. Aunque no todas las causas son subsanables o tienen representación radiológica reconocible, la imagen postoperatoria

**TABLA 1. Modificaciones técnicas sugeridas en la resonancia magnética del hombro intervenido**

| Opciones   | Potenciales inconvenientes                        |
|--|---|
| Utilización de equipos de bajo campo                       | Supresión grasa deficiente                        |
| Secuencias <i>spin-echo</i> en vez de <i>gradient-echo</i> | Peor visualización del cartílago                  |
| Secuencias FAST-SE en vez de <i>spin-echo</i>              | <i>Blurring</i>                                   |
| Supresión grasa con inversión-recuperación (FAST-STIR)     | Menor resolución espacial                         |
| Espesor de corte reducido (2-3 mm)                         | Peor relación señal-ruido, menor cobertura        |
| Aumento de la matriz                                       | Peor relación señal-ruido                         |
| Aumento del ancho de banda                                 | <i>Blurring</i>                                   |
| Aumento del <i>echo-train</i>                              | <i>Blurring</i>                                   |
| Orientación en la dirección de la frecuencia               | Pérdida de información en la dirección de la fase |

Modificada de Zanetti M, et al<sup>110</sup>.

es útil porque permite al cirujano vigilar su curva de aprendizaje, validar innovaciones en su estrategia terapéutica y contar con información valiosa de carácter pronóstico.

El diagnóstico por la imagen en el manguito intervenido es un desafío considerable. Se trata de pruebas infrecuentes, realizadas en pacientes descontentos por el curso de su enfermedad. La exploración postoperatoria es de optimización problemática y brinda a menudo resultados estéticamente pobres. La pérdida de las referencias anatómicas, la interposición del material quirúrgico y los estigmas de la enfermedad crónica, de relevancia a menudo desconocida, complican la interpretación.

Los requisitos para explorar con éxito un manguito rotador intervenido incluyen el conocimiento de la cirugía realizada, de los hallazgos intraoperatorios, del problema clínico reciente y de las expectativas del cirujano. Hemos de conocer lo que éste pretende encontrar y estar al tanto de su posible intención de reintervenir. Así mismo, debemos estar familiarizados con las causas del fracaso quirúrgico, con las respectivas ventajas e inconvenientes de cada técnica diagnóstica y con las claves para su optimización. Es además imprescindible conocer la apariencia habitual del manguito rotador y del espacio subacromial intervenidos, así como el espectro de los hallazgos postoperatorios de potencial relevancia clínica.

## Técnicas diagnósticas

La radiografía convencional sigue siendo útil para la valoración del hombro operado. La proyección anteroposterior (a menudo con angulación caudo-craneal) y la proyección del desfiladero subacromial permiten evaluar la acromioplastia realizada, la osteofitosis acromio-clavicular residual, la altura del espacio subacromial y la artropatía del manguito rotador. Sin embargo, se trata de proyecciones ocasionalmente difíciles de obtener y optimizar y naturalmente no nos aportan toda la información requerida.

La artrografía convencional, hoy casi abandonada, ha sido durante mucho tiempo la única técnica diagnóstica válida para demostrar las roturas del manguito rotador, y ha sido empleada para valorar específicamente la rotura iterativa<sup>2</sup>. La extravasación de contraste hacia la bursa subacromial-subdeltoidea garantiza la existencia de una rotura iterativa, pero la estimación de la amplitud del desgarro es mediocre, y la rotura iterativa puede cursar sin extravasación demostrable.

La ecografía dirigida a valorar la integridad tendinosa del manguito reparado ha mostrado una eficacia diagnóstica comparable con la obtenida en manguitos no intervenidos<sup>12</sup>. La ecografía puede también contribuir a valorar la atrofia y degeneración grasa de los músculos supraespinal y infraespinal<sup>42</sup>.

La evaluación de la integridad tendinosa con TC requiere inyección intra-articular de contraste, aunque la degeneración grasa avanzada también refleja indirectamente una lesión crónica del manguito rotador<sup>18</sup>. La artro-TC realizada en equipos multidetector, gracias a reconstrucciones multiplanares de excelente resolución espacial, podría ofrecer una eficaz rentabilidad diagnóstica en el manguito intervenido, aún pendiente de validación.

La RM es probablemente la técnica más empleada en el seguimiento del manguito reparado, como así lo avalan recientes revisiones<sup>19,26,109-112</sup>. En los últimos años, la atención se ha centrado en la evaluación mediante RM de varios indicadores pronósticos interdependientes, incluyendo la rotura iterativa, la degeneración grasa, la atrofia y la distancia acromio-humeral. Estos factores han sido correlacionados con los resultados clínicos, según las escalas UCLA (*University of California at Los Angeles*)<sup>113</sup>, Constant<sup>114</sup> o ASES (*American Shoulder and Elbow Surgeons*)<sup>115</sup>, proporcionándonos un adecuado marco de referencia para entender los hallazgos postoperatorios.

## Resonancia magnética del manguito rotador intervenido: consideraciones técnicas y claves diagnósticas

La utilidad de la RM<sup>19-51</sup> y artro-RM<sup>52,53</sup> en la evaluación del manguito intervenido ha sido recurrentemente investigada. Sin embargo, la mayoría de las series publicadas, heterogéneas en resultados, carecen de oportuna validación mediante cirugía de revisión.

### Optimización técnica

Algunos autores recomiendan introducir diversas modificaciones con el fin de optimizar el protocolo de RM postoperatoria, y así minimizar los artefactos (tabla 1). Estas modificaciones pueden ser especialmente recomendables cuando trabajamos en equipos de alto campo, o cuando las circunstancias técnicas (abundantes anclajes y cirugía abierta) lo hacen aconsejable.

Se ha sugerido que una secuencia *spin-echo* T1 en proyección sagital oblicua incluyendo no sólo el trayecto completo del man-

**TABLA 2. Resonancia magnética de hombro tras la descompresión subacromial**

| Hallazgos habituales y generalmente banales                      | Hallazgos potencialmente relevantes                         |
|--|---|
| Artefactos ferromagnéticos no ocultan los hallazgos              | Artefactos ferromagnéticos ocultan los hallazgos            |
| Acromion plano, corto, romo, con médula ósea fibrosa o esclerosa | Acromioplastia escasa o excesiva                            |
| Ligamento córaco-acromial ausente, desinsertado o regenerado     | Ligamento coraco-acromial difusamente engrosado             |
| Artroplastia acromio-clavicular                                  | Artrosis acromio-clavicular con <i>impingement</i> residual |
| Colección subacromial  | Tejido de granulación subacromial excesivo                  |
| Leve atrofia central del músculo deltoides                       | Amplia desinserción o severa atrofia deltoidea              |
| Manguito rotador normal o con rotura pequeña                     | Manguito rotador con rotura amplia o sobreañadida           |

guito, sino también la escotadura espinoglenoidea en su totalidad, es idónea para analizar la degeneración grasa de las fosas supra e infraespinosa<sup>38</sup>. La alternativa puede ser una secuencia T2 sin supresión grasa, que nos permitirá además valorar el diámetro del desgarro en el plano sagital.

La utilización de contraste endovenoso puede resultar útil, particularmente cuando se sospecha infección, pero también para discriminar entre lesión aguda y tejido de granulación crónico<sup>19,26,109-111</sup>. También se ha propuesto la inyección intra-articular de contraste (arto-RM)<sup>52,53</sup>, beneficiosa para descartar posibles lesiones tipo SLAP previamente inadvertidas. Sin embargo, se considera que el riesgo de infección de una artrografía puede ser mayor tras la cirugía<sup>110</sup>, y de hecho la artro-RM no aporta sensibles mejoras en la evaluación de la rotura iterativa<sup>53</sup>, siendo irrelevante su concurso en otros aspectos.

#### Hallazgos tras la descompresión subacromial

Tras la simple descompresión subacromial, abierta o artroscópica, generalmente reservada para pacientes con atrapamiento su-

bacromial y manguito íntegro, son habituales diversos hallazgos de naturaleza propiamente postquirúrgica, comunes en pacientes asintomáticos. Sin embargo, otros hallazgos pueden revestir potencial relevancia clínica (tabla 2).

#### Artefactos ferromagnéticos

En los estudios de RM son habituales los artefactos ferromagnéticos superpuestos sobre la extremidad libre del acromion. Éstos pueden ser masivos en secuencias con reenfoque de gradiente, o apenas evidentes en secuencias T1 (fig. 1). La variable apariencia de dichos artefactos depende además del campo magnético, de la técnica quirúrgica (abierta o artroscópica, conservadora o agresiva) y del material utilizado.

#### Morfología y señal acromial

Tras la acromioplastia el acromion muestra en proyección sagital una morfología plana, acortada y roma en su aspecto ántero-inferior, y una hipointensidad en secuencias T1 que generalmente refleja fibrosis o esclerosis (fig. 2). Una acromioplastia muy conservadora da lugar a una morfología acromial apenas rectificada, que puede generar atrapamiento extrínseco

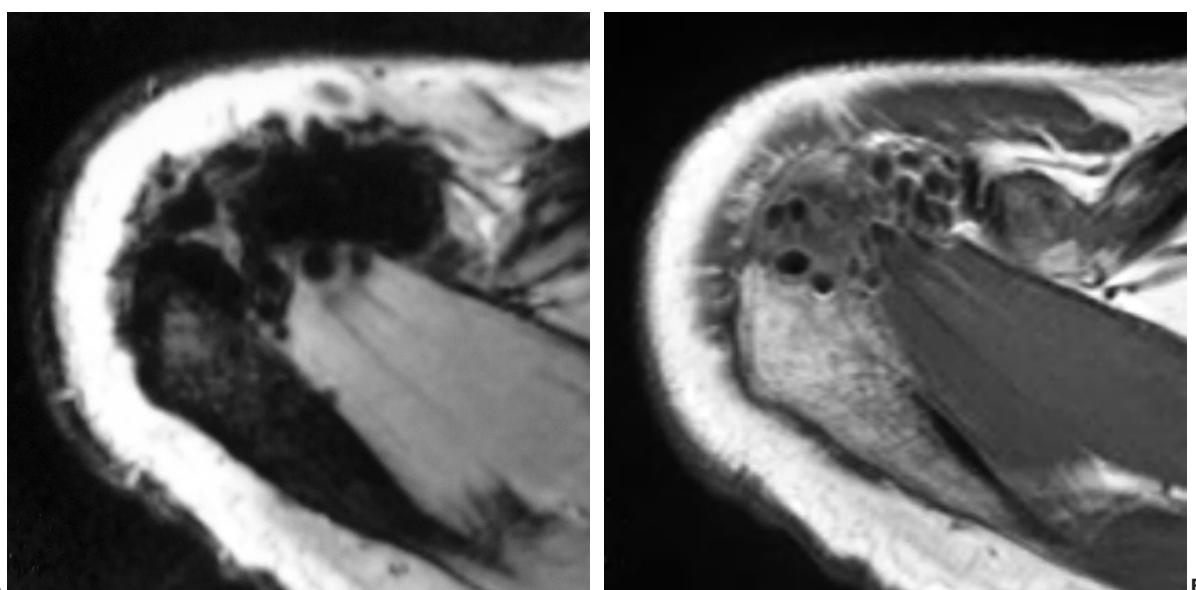
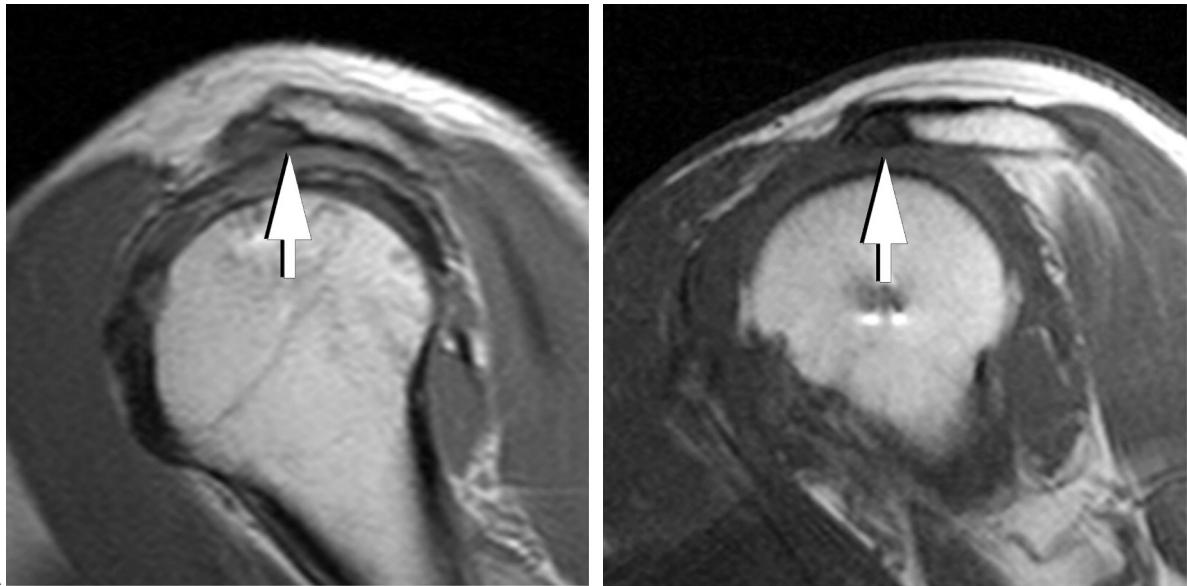


Fig. 1. Imágenes axiales T2\* (A) y SE T1 (B) que muestran artefactos ferromagnéticos tras acromioplastia.



**Fig. 2.** Habituales alteraciones de contorno (A) y señal (B) tras acromioplastia (flechas).

residual, muy difícil de predecir con RM convencional, y tal vez evaluable con estudios dinámicos. Esto sucede con mayor frecuencia en la acromioplastia artroscópica. Por el contrario, una acromioplastia excesiva resulta también contraproducente, por limitar la estabilidad de la articulación gleno-humeral<sup>107</sup>. Se han descrito además fracturas acromiales y osificaciones heterotópicas.

#### Ligamento coraco-acromial

La resección parcial del ligamento coraco-acromial dificulta su identificación en la secuencia sagital-oblicua, aunque ocasionalmente éste aparece regenerado o casi íntegro, sin aparente repercusión clínica (fig. 3). La combinación de acromioplastia excesiva y resección completa del ligamento coraco-acromial en roturas masivas irreparables puede originar migración antero-superior de la cabeza humeral y asociarse con disfunción del deltoides anterior. Esto es particularmente negativo en enfermos con inestabilidad no reconocida, en los que una erronea descompresión subacromial agrava el cuadro (fig. 4).

#### Articulación acromio-clavicular

La artroplastia de resección acromio-clavicular suele dejar rastro en forma de artefactos ferromagnéticos, ensanchamiento anterior e inferior del espacio articular y desaparición del ligamento capsular. Puede persistir sin embargo atrapamiento subacromial, con impronta sobre la unión músculo-tendinosa subyacente (fig. 5) o dolor acromio-clavicular. Si se omitió la artroplastia acromio-clavicular deberá pensarse en la artrosis u osteofitosis acromio-clavicular como potencial causa de fracaso quirúrgico<sup>105</sup>. No obstante, la artrosis acromio-clavicular sintomática puede desarrollarse o manifestarse durante el período postoperatorio, y su verdadero impacto clínico es a menudo difícil de apreciar en imágenes de RM. Por otra parte, tras la artroplastia de resección la clavícula puede desplazarse caudalmente, siendo este hallazgo de relevancia incierta (fig. 6).

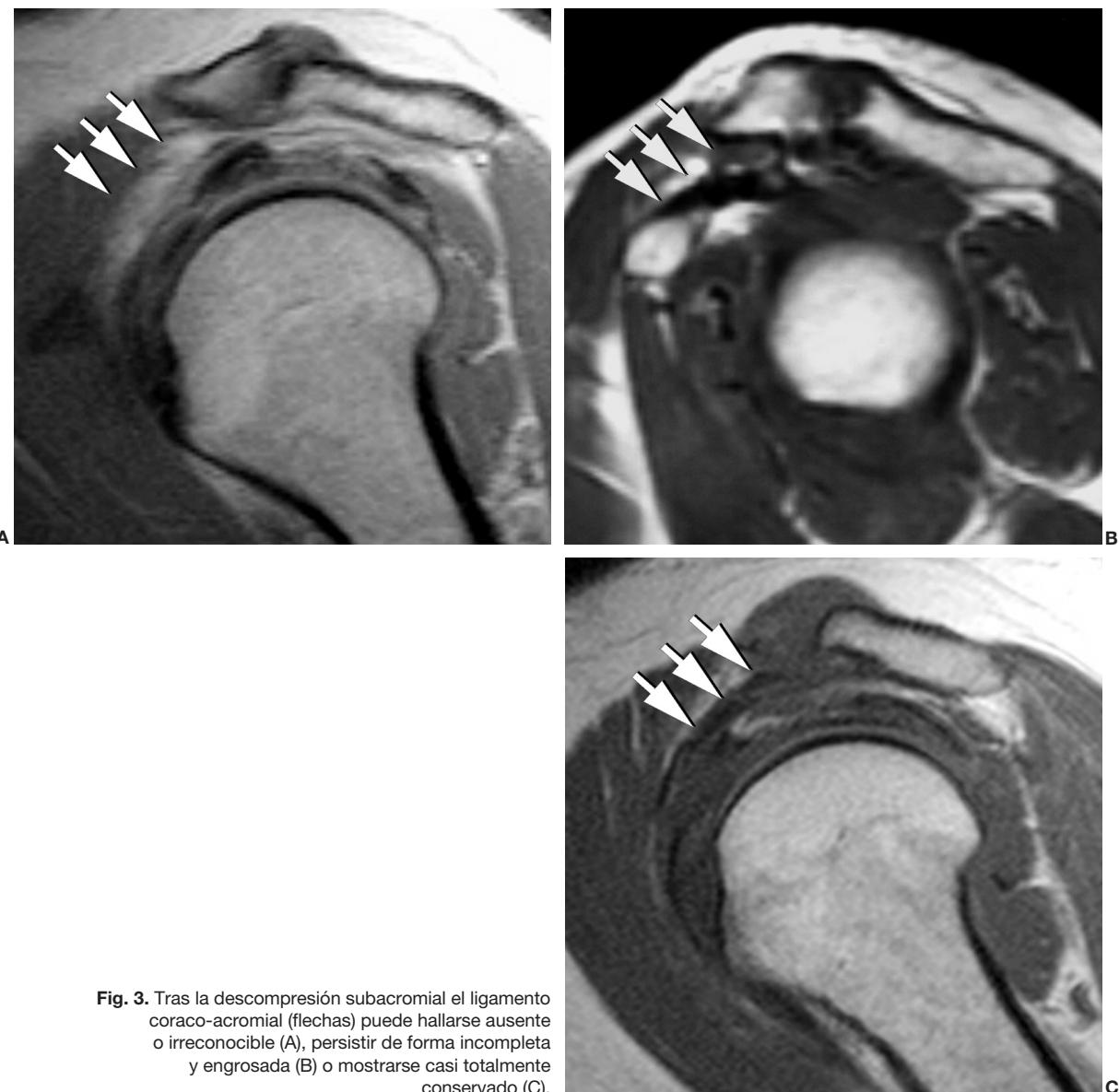
#### Plano subacromial

La resección de la bursa subacromial hace desaparecer el plano graso adyacente a ésta, y en su lugar suele observarse tejido cicatricial de señal intermedia y configuración laminar. Cuando el tejido de granulación genera adherencias éstas pueden derivar en un mal resultado clínico a pesar de una correcta acromioplastia, sin que sea fácil predecir esta situación en RM. En estos enfermos suaves ejercicios de estiramiento pueden resultar beneficiosos, pero puede ser necesaria una cirugía de revisión.

Casi todos los pacientes que permanecen asintomáticos tras acromioplastia muestran colecciones subacromiales de variable extensión, simulando bursitis (fig. 7)<sup>26</sup>. Dichas colecciones postoperatorias persisten durante meses, pueden comunicar libremente con la cavidad articular acromio-clavicular, configurando el signo del géiser (fig. 8) y son irrelevantes desde el punto de vista clínico, no debiendo interpretarse como signos indirectos de atrapamiento subacromial persistente o rotura del manguito rotador.

#### Hallazgos tras la reparación tendinosa

Tras el desbridamiento o reparación parcial del manguito suele existir una rotura residual, indistinguible en sí misma de una verdadera rotura iterativa, o de una cicatrización deficiente. Tras la reparación completa un estudio de RM puede mostrar diversidad de hallazgos, algunos frecuentes pero clínicamente irrelevantes, compatibles con un excelente resultado funcional, y otros que pueden justificar sintomatología persistente y pueden desencadenar una eventual reintervención (tabla 3). Especial atención debe prestarse en el seguimiento de estos pacientes a los parámetros que revelan progresión de la enfermedad, como son la rotura iterativa amplia, la degeneración muscular severa, la reducción del espacio subacromial y la artropatía del manguito rotador.



**Fig. 3.** Tras la descompresión subacromial el ligamento coraco-acromial (flechas) puede hallarse ausente o irreconocible (A), persistir de forma incompleta y engrosada (B) o mostrarse casi totalmente conservado (C).

#### Sutura tendón-tendón

El tendón suturado tiene en la RM una apariencia variable, aunque rara vez equiparable a la del tendón nativo. Áreas de señal intratendinosa intermedia o hipointensa son frecuentes, y pueden no tener relevancia clínica (fig. 9). Una cicatriz de aspecto particularmente hipertrófico o hiperintenso en secuencias T2 (fig. 10), o una cantidad excesiva de tejido de granulación son circunstancias raras pero ocasionalmente relevantes (en un tendón nativo dicha apariencia pudiera sugerir tendinosis crónica). Un tendón adelgazado es también frecuente y generalmente banal o compatible con un buen resultado clínico, no debiendo ser valorado como una rotura iterativa parcial<sup>19,26,109-111</sup>.

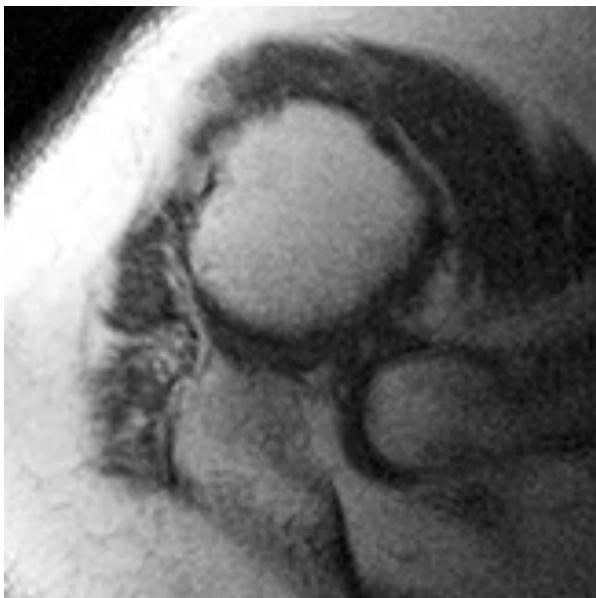
#### Sutura tendón-hueso

Es frecuente identificar los anclajes en la cabeza humeral por el artefacto ferromagnético que generan, valorándose de esta forma

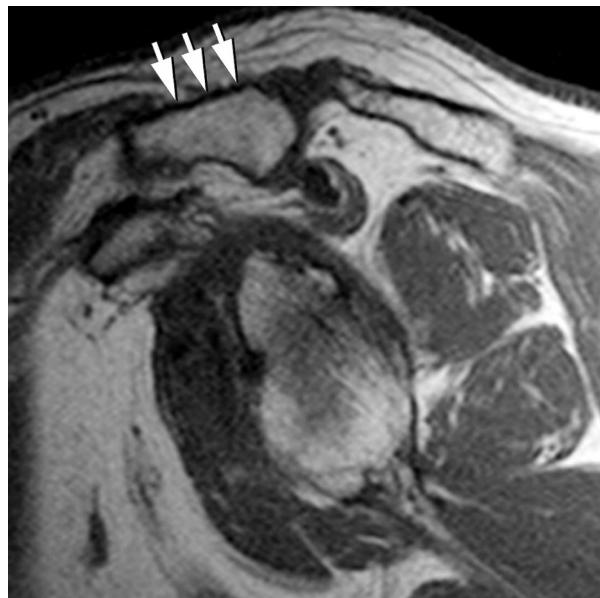
su posición y número. Sin embargo, los anclajes bio-reabsorbibles apenas generan artefactos, y pueden pasar casi enteramente desapercibidos (fig. 11)<sup>109,111</sup>. Ocasionalmente, podemos encontrar anclajes mal posicionados, o libres intra-articularmente<sup>116</sup>. La osteólisis en torno a los anclajes puede reflejar sobrecarga biomecánica o necrosis avascular, y genera radiolucencias de aspecto quístico en la RM (fig. 12), que pueden progresar, estabilizarse, o ser reemplazadas por hueso maduro. Su potencial relevancia como determinantes de la estabilidad de la sutura es actualmente objeto de controversia<sup>117</sup>.

#### Rotura iterativa

La rotura iterativa suele sospecharse ante un curso postoperatorio tórpido, y puede confirmarse con artrografía<sup>2-5</sup>, ecografía<sup>6-15</sup>, arthro-TC<sup>16-18</sup>, RM<sup>19-34</sup>, y arthro-RM<sup>52,53</sup>. En la RM los criterios diagnósticos de rotura iterativa en espesor total son similares a



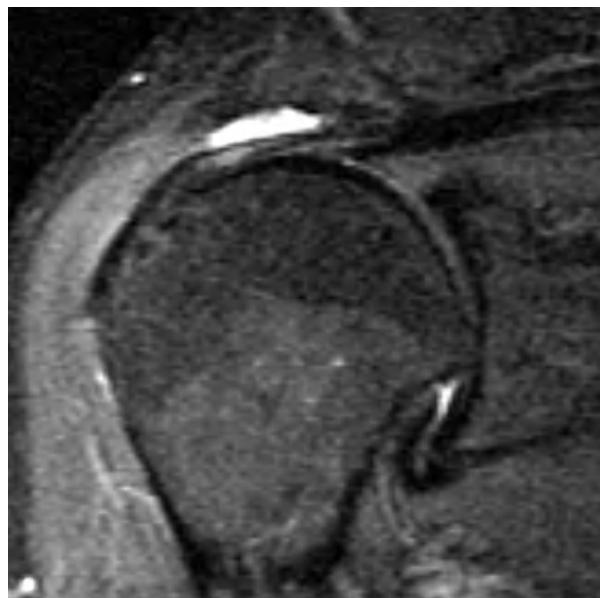
**Fig. 4.** Tras la resección del ligamento córaco-acromial, una amplia rotura iterativa puede producir migración ántero-superior de la cabeza humeral, situándose ésta por delante de la articulación acromio-clavicular.



**Fig. 6.** Migración caudal de la extremidad distal de la clavícula (flechas) tras artroplastia de resección acromioclavicular.



**Fig. 5.** Artrosis acromio-clavicular produciendo atrapamiento subacromial residual en paciente intervenido (flechas).



**Fig. 7.** Colección subacromial en paciente asintomático con sutura de manguito estable.

los usados en el tendón nativo, e incluyen señal equivalente a líquido en el trayecto de un tendón, y ausencia completa de visualización del tendón (fig. 13). Con estos criterios, a pesar de que la rotura iterativa suele ser más difícil de identificar, la eficacia diagnóstica es similar<sup>19</sup> o levemente peor<sup>22</sup> que en la RM preoperatoria. Sin embargo, la RM puede malinterpretar los ar-

tefactos ferromagnéticos, tiende a sobrediagnosticar roturas parciales o completas, y es poco precisa en la determinación del tamaño del desgarro iterativo. A pesar de las presunciones iniciales un estudio reciente señala que la artro-RM no aporta una rentabilidad significativa en el diagnóstico de la rotura iterativa<sup>53</sup>.



**Fig. 8.** Signo del géiser tras artroplastia de resección acromio-clavicular.

La rotura iterativa afecta aproximadamente al 30% de manguitos suturados, independiente de la técnica quirúrgica y del intervalo de seguimiento, y es compatible con un buen resultado clínico en muchas ocasiones. Sin embargo, la prevalencia puede alcanzar el 90% en reparación de roturas masivas o en pacientes con mal resultado clínico. Las roturas iterativas son generalmente más amplias tras separación de roturas masivas, y en casos con degeneración grasa preoperatoria avanzada<sup>25</sup>. Las roturas iterativas son típicamente más pequeñas que las roturas originales, tienden a involucrar un solo tendón, generalmente el supraespinoso, y pueden extenderse a su vertiente posterior<sup>34</sup>. La integridad tendinosa no es imprescindible para un resultado clínico favorable, aunque el resultado clínico de las suturas íntegras es levemente mejor, especialmente en lo concerniente a la recuperación de la fuerza muscular<sup>27</sup>.

#### Degeneración grasa muscular

La rotura del manguito induce un proceso degenerativo temprano y rápidamente progresivo de degeneración grasa (infiltración

grasa intramuscular)<sup>118</sup>. En modelos animales la sutura precoz no ha demostrado poder retrasar o impedir la degeneración grasa<sup>119</sup>. En la radiografía y en la TC la degeneración grasa se manifiesta con disminución de radiodensidad, y en la RM con aumento de intensidad de señal del músculo en secuencias T1.

Goutallier et al demostraron el valor pronóstico de la degeneración grasa infraespinal basándose en una escala subjetiva elaborada a partir de imágenes de TC<sup>3</sup>. Esta escala otorga un 0 al músculo normal, 1 a la presencia de estrías grasas, 2 a la infiltración grasa con menor presencia que el músculo, 3 a la infiltración grasa equivalente al músculo y 4 a la infiltración grasa masiva. Demostraron además que la degeneración del músculo infraespinal puede ocurrir también en roturas aisladas del tendón supraespinoso. Posteriormente sería aplicada dicha escala a la RM mediante secuencias sagitales T1 de cobertura anatómica ampliada y problemática cuantificación<sup>36,37</sup>. La RM-espectroscopía podría ser más sensible y reproducible en esta aplicación clínica<sup>38</sup>.

La degeneración grasa progresa significativamente en los pacientes con rotura iterativa, siendo relevante desde el punto de vista pronóstico el grado de afectación infraespinal posoperatoria (fig. 14)<sup>25,27,33</sup>. La degeneración grasa puede incluso progresar en los pacientes con sutura íntegra y buen resultado clínico. Aunque suele alcanzar grados más severos (> 2) en los casos de rotura iterativa que en los casos con sutura íntegra, no siempre ocurre así.

#### Atrofia muscular

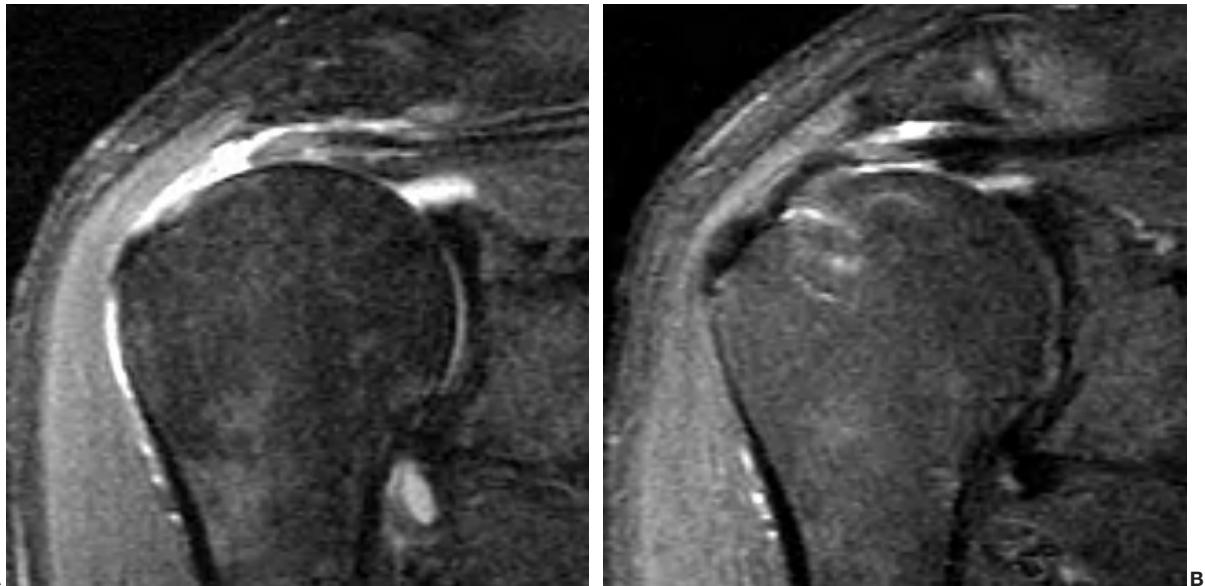
La atrofia acompaña habitualmente a la degeneración grasa, y ambas son ocasionalmente citadas como términos equivalentes. La atrofia es secundaria a la interrupción de la unidad músculo-tendinosa, al acortamiento miotendinoso y al desuso, y conlleva infiltración grasa perimuscular. La retracción músculo-tendinosa pudiera también generar compresión del nervio supraescapular y consiguiente denervación<sup>120</sup>.

La determinación por técnicas de imagen del volumen muscular puede tener relevancia pronóstica. Se ha demostrado que existe alguna correlación entre el área del músculo y su máxima fuerza isocinética<sup>121</sup>. Radiológicamente, la atrofia del supraespinoso cursa con disminución de la densidad de partes blandas en la fosa supraespinosa. Además, la estimación de la atrofia en imágenes tomográficas puede realizarse mediante medición de áreas únicas o múltiples, según el principio de Cavalieri<sup>122</sup>.

Thomazeau et al efectuaron medición de áreas del supraespinoso en secuencia sagital oblicua T1, proponiendo el uso de la denominada sección en Y griega<sup>45</sup>. Observaron reversión de la atrofia tras la reparación del manguito no confirmada por otros

**TABLA 3. Resonancia magnética de hombro tras la reparación tendinosa**

| Hallazgos habituales y generalmente banales      | Hallazgos potencialmente relevantes                           |
|--|---|
| Tendón íntegro, de grosor y señal variables      | Tendón engrosado a expensas de excesivo tejido de granulación |
| Anclajes bien posicionados                       | Anclajes libres, mal posicionados, con gran osteólisis        |
| Rotura iterativa pequeña                         | Rotura iterativa masiva                                       |
| Degeneración grasa leve o estable                | Degeneración grasa severa o progresiva del infraespinoso      |
| Atrofia muscular leve o estable                  | Atrofia muscular severa o progresiva del infraespinoso        |
| Leve disminución de la distancia acromio-humeral | Severo pinzamiento subacromial, artropatía del manguito       |
| Leve tendinosis bicipital                        | Severa tendinosis bicipital                                   |
| Edema óseo y leve derrame articular              | Prominente derrame articular, sinovitis                       |



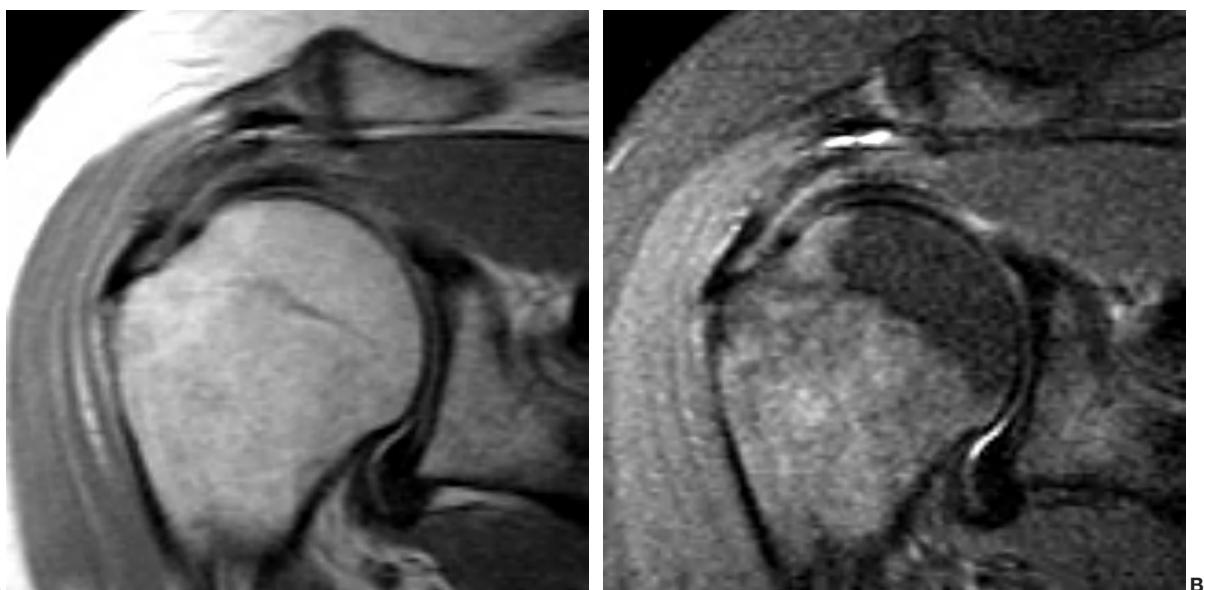
**Fig. 9.** Tras identificarse la rotura del tendón supraespínoso (A) se realizó sutura con buen resultado estructural y funcional. En el postoperatorio (B) se demostró sutura estable. Reimpresa con permiso de Mellado JM et al<sup>34</sup>.

investigadores. Posteriormente se demostró que el tamaño de la rotura tendinosa y el grado de atrofia se correlacionan, y se propuso el signo de la tangente como estimación no cuantitativa de la atrofia del supraespínoso (fig. 15)<sup>37</sup>. Sin embargo, la evaluación de la atrofia basada en medición de áreas únicas parece tener una correlación pobre con los resultados clínicos<sup>33</sup>. Es probable por tanto que sea necesario recurrir a medición de

múltiples áreas, con los modernos métodos de segmentación hoy disponibles.

#### *Distancia acromio-humeral*

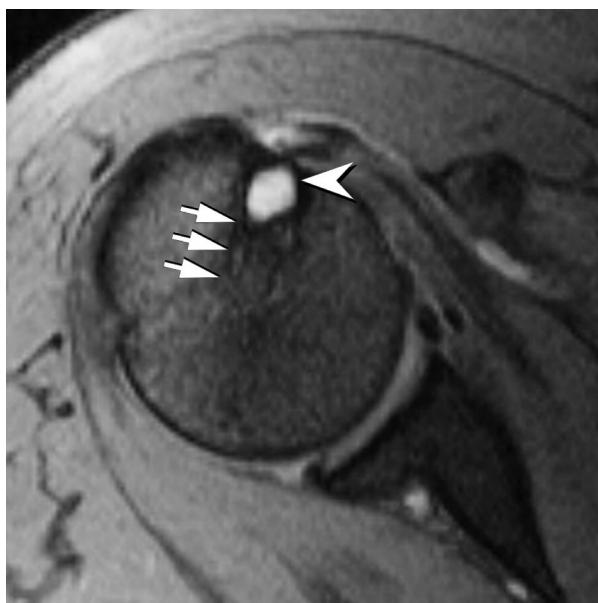
La rotura crónica del manguito rotador, particularmente la rotura masiva crónica, conlleva ascenso de la cabeza humeral y pinzamiento del espacio subacromial (en condiciones normales, > 7



**Fig. 10.** Tras reparación quirúrgica exitosa el tendón supraespínoso se muestra calibre engrosado y señal heterogénea en secuencias DP (A) y STIR (B).



**Fig. 11.** Tras sutura del manguito utilizando anclajes óseos, éstos son apenas evidentes (flechas) en secuencia DP (A) y aparecen rodeados de edema (cabeza de flecha) en secuencia STIR (B).



**Fig. 12.** Se observa artefacto ferromagnético atribuible al anclaje óseo (flechas), y área de osteólisis circundante (cabeza de flecha) tras tenodesis bicipital.

mm), debido a atrofia muscular, cicatriz a tensión, o a la propia bursectomía. En un estudio reciente<sup>112</sup>, basado en hombros no intervenidos, la reducción del espacio subacromial mostró relación con el tamaño del desgarro tendinoso, y con el grado de degeneración grasa del músculo infraespínoso. Se apreció igualmente que la RM muestra pinzamiento subacromial más acentuado que la radiografía en bipedestación. Tras la reparación

tendinosa la distancia puede ensancharse o permanecer estable. Más recientemente se ha demostrado que el pinzamiento subacromial se acentúa incluso en aquellos pacientes con sutura estable<sup>43</sup>. Por tanto, la reducción del espacio subacromial no refleja necesariamente rotura iterativa, pero puede determinar atrapamiento residual.

#### *Artropatía del manguito rotador*

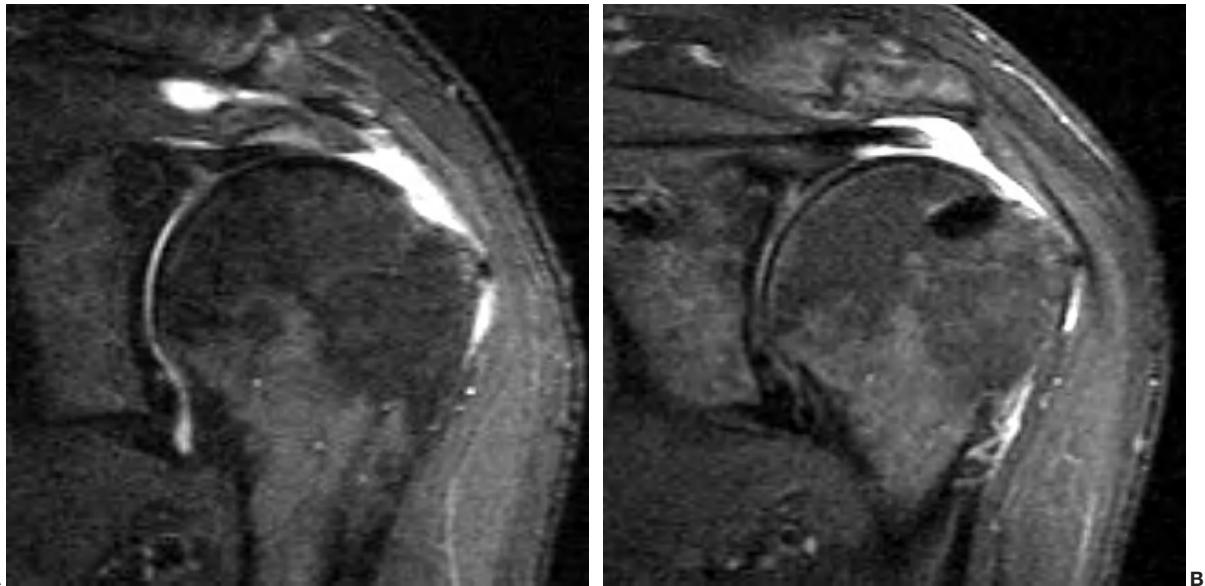
La pérdida de la estabilidad gleno-humeral superior en caso de rotura iterativa puede acelerar un cuadro degenerativo secundario, denominado artropatía del manguito rotador (fig. 16)<sup>71</sup>. En sus fases más precoces, la RM no detecta con suficiente sensibilidad un adelgazamiento leve del cartílago articular<sup>110</sup>. En sus fases avanzadas, la artropatía del manguito rotador cursa con excavación de la superficie inferior del acromion asociada a rotura masiva crónica y artrosis gleno-humeral secundaria. Estos hallazgos auguran un mal resultado postoperatorio, y hacen desaconsejable una nueva sutura. En estos pacientes los resultados iniciales tras la implantación de una prótesis invertida son favorables, debido a la acción compensadora del músculo deltoides.

#### *Tendón de la porción larga del bíceps*

La porción larga del bíceps sufre una severa sobrecarga mecánica en las roturas crónicas del manguito rotador, que conlleva tendinosis, rotura parcial o completa, subluxación o tenosinovitis. Estas alteraciones son a veces de difícil identificación, y pueden pasar desapercibidas en la RM preoperatoria<sup>19,26,109,110</sup>. La tendinosis bicipital puede desencadenarse durante el seguimiento postoperatorio como consecuencia de una rotura iterativa. Tanto en la cirugía inicial como en la de revisión puede incorporarse una tenodesis o tenotomía, subsanándose de este modo una posible causa de sintomatología residual (fig. 17).

#### *Otros hallazgos*

Un patrón de edema circunscrito en la médula ósea de la cabeza humeral puede observarse ocasionalmente en pacientes tras la

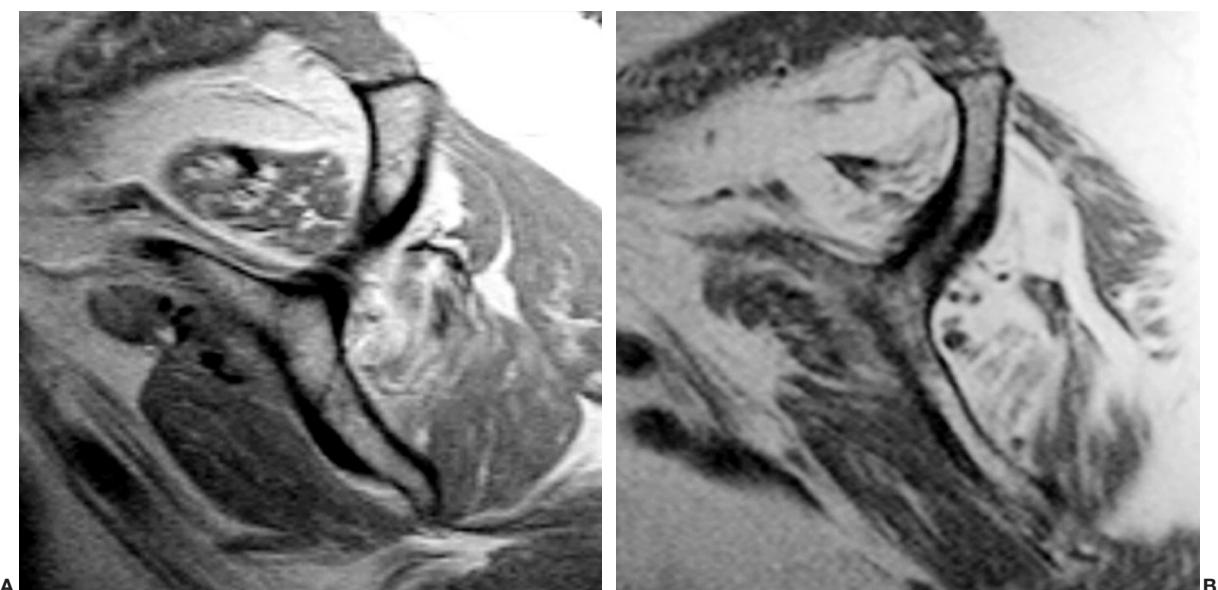


**Fig. 13.** Tras identificarse la rotura del tendón supraespinoso (A) se realizó sutura con buen resultado funcional. En el postoperatorio (B) se demostró rotura iterativa de similar amplitud. Reimpresa con permiso de Mellado JM et al<sup>34</sup>.

sutura del manguito rotador. Dicho edema puede persistir durante años, y generalmente no se asocia con artropatía del manguito ni con un mal resultado clínico. De igual forma, un derrame articular gleno-humeral leve es posible en este grupo de enfermos, sin consecuencias clínicas habitualmente<sup>110</sup>.

#### Complicaciones de la cirugía del manguito rotador

A modo de resumen, las complicaciones de la cirugía del manguito rotador pueden ser consideradas intraoperatorias, tempranas y tardías (tabla 4), entendiendo como complicaciones tanto



**Fig. 14.** Las secuencias preoperatoria (A) y postoperatoria (B) en el plano sagital con potenciación DP demuestran significativa progresión de la degeneración grasa en enfermo intervenido con pobre resultado clínico (UCLA postoperatorio 29) Reimpresa con permiso de Mellado JM et al<sup>33</sup>.



**Fig. 15.** Signo de la tangente positivo.



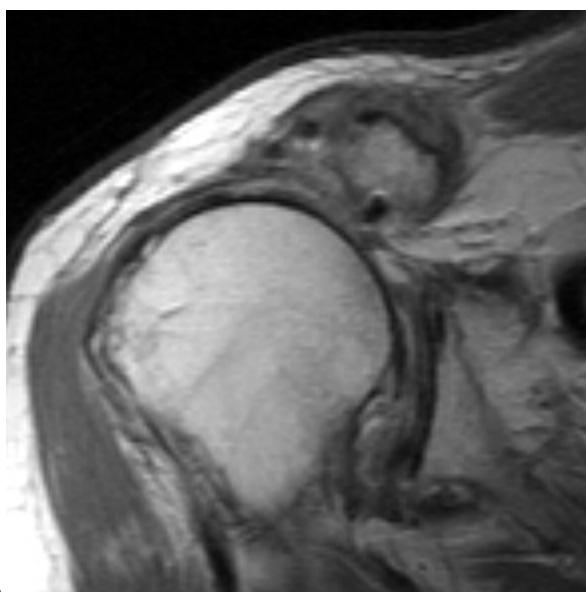
**Fig. 17.** Tenodesis bicipital. Se observa ausencia del tendón de la porción larga del bíceps en su área de inserción (cabeza de flecha).

lesiones recurrentes como sobreañadidas, y algunas circunstancias postoperatorias de carácter leve y poco relevante. Destacan de entre todas ellas, además de las ya mencionadas, la dehiscencia deltoidea, el daño del nervio axilar y la artritis séptica.

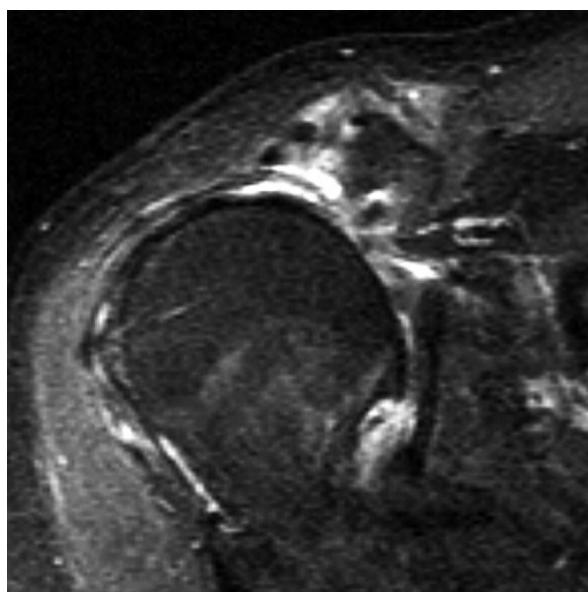
#### *Dehiscencia deltoidea*

El mayor inconveniente de la cirugía abierta es la obligada desinserción deltoidea transitoria, que puede complicarse con una

dehiscencia postquirúrgica. En la RM la dehiscencia deltoidea muestra desplazamiento lateral del vientre muscular, que aparece generalmente atrófico, e interposición de una colección líquida entre éste y el borde libre del acromion<sup>109</sup>. Una pequeña dehiscencia deltoidea (fig. 18) puede coexistir con un buen resultado clínico. Cuando la dehiscencia es amplia (fig. 19) existe



A



B

**Fig. 16.** Artropatía del manguito rotador tras rotura iterativa evolucionada (A y B). Se aprecia osteofitosis humeral, adelgazamiento condral en cabeza humeral y severa artrosis acromio-clavicular.

**TABLA 4. Complicaciones tras la cirugía del manguito rotador**

| Intraoperatorias                 | Tempranas                              | Tardías                     |
|----------------------------------|--|-----------------------------|
| Desinserción deltoides           | Atrapamiento residual                  | Atrapamiento residual       |
| Daño del nervio axilar           | Rotura iterativa                       | Rotura iterativa            |
| Fractura acromial                | Hematoma o infección de partes blandas | Anclajes desplazados        |
| Fractura de la tuberosidad mayor | Artritis séptica                       | Osificación heterotópica    |
|                                  | Granuloma de la sutura                 | Hombro congelado            |
|                                  | Distrofia simpática refleja            | Inestabilidad gleno-humeral |

severa retracción proximal y extensa atrofia muscular, que hacen necesaria una reinserción quirúrgica.

#### *Daño del nervio axilar*

En la descompresión subacromial abierta la rama anterior del nervio axilar puede resultar dañada si se realiza una incisión deltoides excesivamente caudal. La neuropatía axilar se manifiesta con denervación del músculo deltoides y/o del redondo menor, fáciles de detectar con la RM incluso en estadios iniciales. También es posible diagnosticarla mediante electromiografía selectiva de las fibras más anteriores del músculo deltoides.

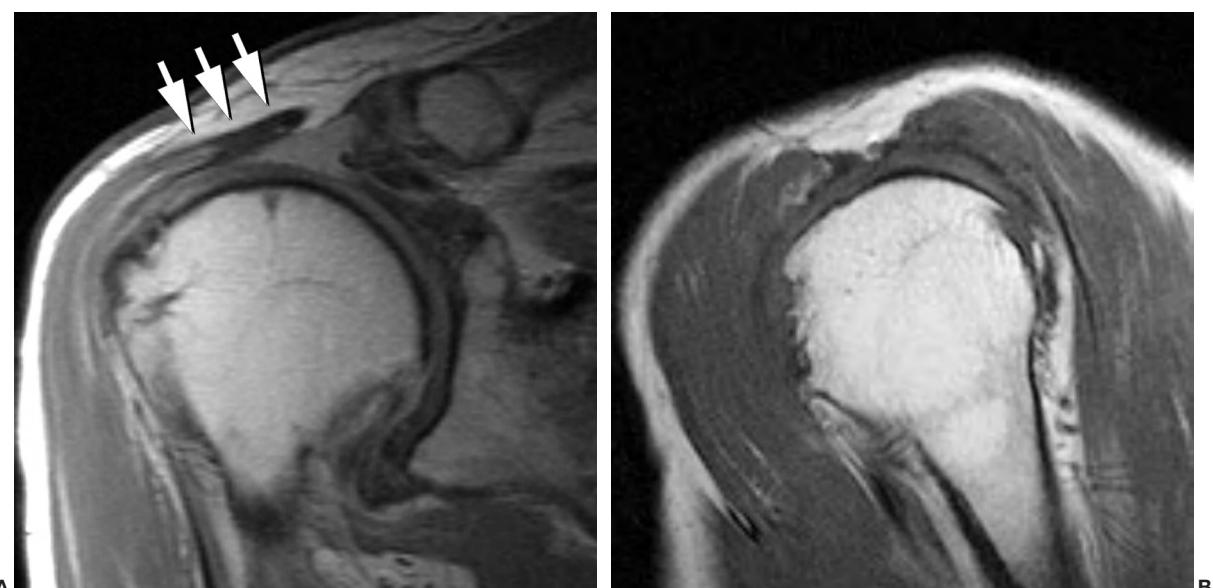
#### *Artritis séptica*

Cuando el edema óseo yuxta-articular es extenso, involucra también la fosa glenoidea, y se asocia con edema de partes blandas y derrame articular gleno-humeral prominente, deberá valorarse la posible existencia de una artritis séptica. En fases precoces la utilización de gadolinio endovenoso y secuencias T1 con supresión grasa puede aportar rendimiento diagnóstico, indican-

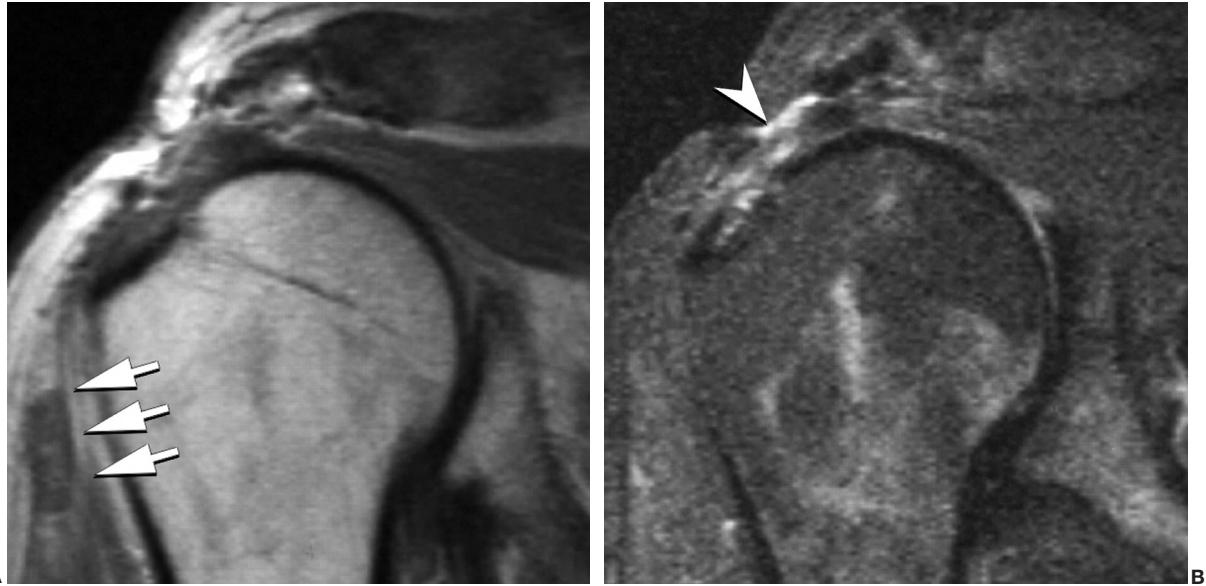
do una artrocentesis para oportuno cultivo y rápida instauración de antibioterapia efectiva.

## Conclusiones

Hemos revisado las opciones disponibles en el tratamiento de las roturas del manguito rotador y hemos analizado además las posibles causas del fracaso quirúrgico. Tras considerar brevemente las diversas modalidades diagnósticas hemos estudiado en detalle las aportaciones de la RM en el estudio del manguito intervenido, sintetizando la amplia bibliografía disponible y enfatizando las claves para su optimización y correcta interpretación. Los estudios de correlación clínico-radiológica basados en la cuantificación de parámetros pronósticos nos ilustran sobre la capacidad de la RM para influir de forma eficaz en el tratamiento de las lesiones ortopédicas, y proponen una hoja de ruta que permanece inédita en muchos prometedores aspectos.



**Fig. 18.** Tras sutura abierta del manguito rotador, con excelente resultado clínico, la secuencia coronal DP revela pequeña desinserción deltoides (flechas) (A) y rotura iterativa del supraespinoso. La secuencia sagital T1 muestra atrofia central leve del músculo deltoides (B).



**Fig. 19.** Tras sutura abierta del manguito rotador, con pobre resultado funcional, la secuencia coronal DP (A) muestra amplia dehiscencia del músculo deltoides, con retracción proximal y atrofia (flechas). La secuencia coronal STIR (B) muestra probable rotura iterativa del manguito rotador (cabeza de flecha).

## Bibliografía

- Williams GR Jr, Rockwood CA Jr, Bigliani LU, Iannotti JP, Stanwood W. Rotator cuff tears: why do we repair them? *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86A(12):2764-76.
- Calvert PT, Packer NP, Stoker DJ, Bayley JI, Kessel L. Arthrography of the shoulder after operative repair of the torn rotator cuff. *J Bone Joint Surg Br.* 1986;68B(1):147-50.
- Goutallier D, Postel JM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC. Fatty muscle degeneration in cuff ruptures: pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop.* 1994;304:78-83.
- Liu SH, Baker CL. Arthroscopically assisted rotator cuff repair: correlation of functional results with integrity of the cuff. *Arthroscopy.* 1994;10:54-60.
- Worland RL, Arredondo J, Anglés F, López-Jiménez F. Repair of massive rotator cuff tears in patients older than 70 years. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;8(1):26-30.
- Crass JR, Craig EV, Feinberg SB. Sonography of the postoperative rotator cuff. *AJR Am J Roentgenol.* 1986;146(3):561-4.
- Mack LA, Nyberg DA, Matsen FR 3rd, Kilcoyne RF, Harvey D. Sonography of the postoperative shoulder. *AJR Am J Roentgenol.* 1988;150(5):1089-93.
- Furtschegger A, Resch H. Value of ultrasonography in preoperative diagnosis of rotator cuff tears and postoperative follow-up. *Eur J Radiol.* 1988;8(2):69-75.
- Harryman DT, Mack LA, Wang KY, Jackins SE, Richardson ML, Matsen FA. Repairs of the rotator cuff: correlation of functional results with integrity of the cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73A:982-9.
- Gazielly DF, Gleyze P, Montagnon C. Functional and anatomical results after rotator cuff repair. *Clin Orthop.* 1994;304:43-53.
- Bellumore Y, Mansat M, Assoun J. Results of the surgical repair of the rotator cuff. Radio-clinical correlation. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1994;80(7):582-94.
- Prickett WD, Teefey SA, Galatz LM, Calfee RP, Middleton WD, Yamaguchi K. Accuracy of ultrasound imaging of the rotator cuff in shoulders that are painful postoperatively. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85-A(6):1084-9.
- Kraft CN, Fahmy U, Nicolay C, Diedrich O, Schulze Bertelsbeck D, von Falkenhhausen M, et al. Value of sonography after rotator cuff repair: a comparison with MRI and clinical results. *Ultraschall Med.* 2004;25(1):40-7.
- Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K. The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86A:219-24.
- Boehm TD, Werner A, Radtke S, Mueller T, Kirschner S, Gohlke F. The effect of suture materials and techniques on the outcome of repair of the rotator cuff: a prospective, randomised study. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87B(6):819-23.
- Gleyze P, Thomazeau H, Flurin PH, Lafosse L, Gazielly DF, Allard M. Arthroscopic rotator cuff repair: a multicentric retrospective study of 87 cases with anatomical assessment. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2000;86(6):566-74.
- Goutallier D, Postel JM, Gleyze P, Leguilloux P, Van Driessche S. Influence of cuff muscle fatty degeneration on anatomic and functional outcomes after simple suture of full-thickness tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2003;12:550-4.
- Boileau P, Brassart N, Watkinson DJ, Carles M, Hatzidakis AM, Krishnan SG. Arthroscopic repair of full-thickness tears of the supraspinatus: does the tendon really heal? *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87A(6):1229-40.
- Owen RS, Iannotti JP, Kneeland JB, Dalinka MK, Deren JA, Oleaga L. Shoulder after surgery: MR imaging with surgical validation. *Radiology.* 1993;186:443-7.
- Gaenslen ES, Satterlee CC, Hinson GW. Magnetic resonance imaging for evaluation of failed repairs of the rotator cuff. Relationship to operative findings. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:1391-6.
- Thomazeau H, Boukobza E, Morcret N, Chaperon J, Langlais F. Prediction of rotator cuff repair results by magnetic resonance imaging. *Clin Orthop Relat Res.* 1997;344:275-83.
- Magee TH, Gaenslen ES, Seitz R, Hinson GA, Wetzel LH. MR imaging of the shoulder after surgery. *AJR Am J Roentgenol.* 1997;168(4):925-8.
- Knudsen HB, Gelineck J, Sojbjerg JO, Olsen BS, Johannsen HV, Sneppen O. Functional and magnetic resonance imaging evaluation after single-tendon rotator cuff reconstruction. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;8:242-6.
- Spielmann AL, Forster BB, Kokan P, Hawkins RH, Janzen DL. Shoulder after rotator cuff repair: MR imaging findings in asymptomatic individuals-initial experience. *Radiology.* 1999;213(3):705-8.

25. Jost B, Pfirrmann CW, Gerber C, Switzerland Z. Clinical outcome after structural failure or rotator cuff repairs. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82A:304-14.
26. Zanetti M, Jost B, Hodler J, Gerber C. MR imaging after rotator cuff repair: full-thickness defects and bursitis-like subacromial abnormalities in asymptomatic subjects. *Skeletal Radiol.* 2000;29:314-9.
27. Gerber C, Fuchs B, Hodler J. The results of repair of massive tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82A(4):505-15.
28. Motamedi AR, Urrea LH, Hancock RE, Hawkins RJ, Ho C. Accuracy of magnetic resonance imaging in determining the presence and size of recurrent rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11(1):6-10.
29. Klepps S, Bishop J, Lin J, Cahlon O, Strauss A, Hayes P, et al. Prospective evaluation of the effect of rotator cuff integrity on the outcome of open rotator cuff repairs. *Am J Sports Med.* 2004;32(7):1716-22.
30. von Engelhardt LV, von Falkenhausen M, Fahmy U, Wallny T, Schmitt O, Kraft CN. MRI after reconstruction of the supraspinatus tendon: MR-tomographic findings. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2004;142(5):586-91.
31. Sclamberg SG, Tibone JE, Itamura JM, Kasraian S. Six-month magnetic resonance imaging follow-up of large and massive rotator cuff repairs reinforced with porcine small intestinal submucosa. *J Shoulder Elbow Surg.* 2004;13(5):538-41.
32. Kyrola K, Niemietukia L, Jaroma H, Vaatainen U. Long-term MRI findings in operated rotator cuff tear. *Acta Radiol.* 2004;45(5):526-33.
33. Mellado JM, Calmet J, Olona M, Esteve C, Camins A, Pérez del Palomar L, et al. Surgically repaired massive rotator cuff tears: MRI of tendon integrity, muscle fatty degeneration, and muscle atrophy correlated with intraoperative and clinical findings. *AJR Am J Roentgenol.* 2005;184(5):1456-63.
34. Mellado JM, Calmet J, Olona M, Ballabriga J, Camins A, Arencibia M, et al. MR assessment of the repaired rotator cuff: prevalence, size, location and clinical relevance of tendon rerupture. *Eur Radiol.* 2006;16(10):2186-96.
35. Nakagaki K, Ozaki J, Tomita Y, Tamai S. Function of supraspinatus muscle with torn cuff evaluated by magnetic resonance imaging. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;318:144-51.
36. Zanetti M, Gerber C, Hodler J. Quantitative assessment of the muscles of the rotator cuff with magnetic resonance imaging. *Invest Radiol.* 1998;33(3):163-70.
37. Fuchs B, Weishaupt D, Zanetti M, Hodler J, Gerber C. Fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff: assessment by computed tomography versus magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;8(6):599-605.
38. Pfirrmann CW, Schmid MR, Zanetti M, Jost B, Gerber C, Hodler J. Assessment of fat content in supraspinatus muscle with proton MR spectroscopy in asymptomatic volunteers and patients with supraspinatus tendon lesions. *Radiology.* 2004;232(3):709-15.
39. Kenn W, Bohm D, Gohlke F, Hummer C, Kostler H, Hahn D. 2D SPLASH: a new method to determine the fatty infiltration of the rotator cuff muscles. *Eur Radiol.* 2004;14(12):2331-6.
40. Ozbaydar MU, Tonbul M, Yalaman O. The results of arthroscopic repair of full-thickness tears of the rotator cuff. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2005;39(2):114-20. 41. Van de Sande MA, Stoen BC, Obermann WR, Tjong JA Lieng JC, Rozing PM. Quantitative assessment of fatty degeneration in rotator cuff muscles determined with computed tomography. *In vest Radiol.* 2005;40(5):313-9.
42. Strobel K, Hodler J, Meyer DC, Pfirrmann CW, Pirk C, Zanetti M. Fatty atrophy of supraspinatus and infraspinatus muscles: accuracy of US. *Radiology.* 2005;237(2):584-9.
43. Fuchs B, Gilbart MK, Hodler J, Gerber C. Clinical and structural results of open repair of an isolated one-tendon tear of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(2):309-16.
44. Yao L, Mehta U. Infraspinatus muscle atrophy: implications? *Radiology.* 2003;226:161-4.
45. Thomazeau H, Rolland Y, Lucas C, Duval JM, Langlais F. Atrophy of the supraspinatus belly. Assessment by MRI in 55 patients with rotator cuff pathology. *Acta Orthop Scand.* 1996;67(3):264-8.
46. Stallenberg B, Rommens J, Legrand C, de Maertelaer V, Metens T, Alain Gevenois P. Radiographic diagnosis of rotator cuff tear based on the supraspinatus muscle radiodensity. *Skeletal Radiol.* 2001;30(1):31-8.
47. Shimizu T, Itoi E, Minagawa H, Pradhan RL, Wakabayashi I, Sato K. Atrophy of the rotator cuff muscles and site of cuff tears. *Acta Orthop Scand.* 2002;73(1):40-3.
48. Schaefer O, Winterer J, Lohrman C, Laubenberger J, Reichelt A, Langer M. Magnetic resonance imaging for supraspinatus muscle atrophy after cuff repair. *Clin Orthop Relat Res.* 2002;403:93-9.
49. Lehtinen JT, Tingart MJ, Apreleva M, Zurakowski D, Palmer W, Warner JJ. Practical assessment of rotator cuff muscle volumes using shoulder MRI. *Acta Orthop Scand.* 2003;74(6):722-9.
50. Tingart MJ, Apreleva M, Lehtinen JT, Capell B, Palmer WE, Warner JJ. Magnetic resonance imaging in quantitative analysis of rotator cuff muscle volume. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;415:104-10.
51. Meyer DC, Pirk C, Pfirrmann CW, Zanetti M, Gerber C. Asymmetric atrophy of the supraspinatus muscle following tendon tear. *J Orthop Res.* 2005;23(2):254-8.
52. Rand T, Trattnig S, Breitenseher M, Freilinger W, Cochlear M, Imhof H. MR arthrography of the shoulder joint in a postoperative patient sample. *Radiologe.* 1996;36(12):966-70.
53. Duc SR, Mengardi B, Pfirrmann CW, Jost B, Hodler J, Zanetti M. Diagnostic performance of MR arthrography after rotator cuff repair. *AJR Am J Roentgenol.* 2006;186(1):237-41.
54. Rockwood CA Jr. Nonoperative management of rotator cuff tears in older patients. Charleston, SC: Annual meeting of the American Orthopaedic Association; 2003.
55. Codman EA. Complete rupture of the supraspinatus tendon. Operative treatment with report of two successful cases. *Boston Med Surg J.* 1911;164:708-10.
56. Perthes G. Über Operationen bei habitueller schulterluxation. *Deutsch Z Chir.* 1906;85:199-227.
57. Neer CS II. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder. A preliminary report. *J Bone Joint Surg Am.* 1972;54A:41-50.
58. Watson EM, Sonnabend DH. Outcome of rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11:201-11.
59. Severud EL, Ruotolo C, Abbott DD, Nottage WM. Allarthroscopic versus mini-open rotator cuff repair: a long-term retrospective outcome comparison. *Arthroscopy.* 2003;19:234-8.
60. Bigliani LU, Cordasco FA, McIlveen SJ, Musso ES. Operative repair of massive rotator cuff tears: Long-term results. *J Shoulder Elbow Surg.* 1992;1:120-30.
61. Nobuhara K, Hata Y, Komai M. Surgical procedure and results of repair of massive tears of the rotator cuff. *Clin Orthop.* 1994;304:54-9.
62. Calmet J, Esteve C, Mellado JM, Domènech S, Giné J. Rotura masiva del manguito de los rotadores. Resultados del tratamiento quirúrgico. *Rev Ortop Traumatol.* 2002;4:294-99.
63. Rokito AS, Cuomo F, Gallagher MA, Zuckerman JD. Long-term functional outcome of repair of large and massive chronic tears of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81A:991-7.
64. Burkhardt SS. Arthroscopic treatment of massive rotator cuff tears. Clinical results and biomechanical rationale. *Clin Orthop.* 1991;267:45-56.
65. Rockwood CA, Williams GR, Burkhead WZ. Debridement of degenerative, irreparable lesions of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77A:857-66.
66. Melillo AS, Savoie FH, Field LD. Massive rotator cuff tears: debridement versus repair. *Orthop Clin North Am.* 1997;28A:117-24.
67. Burkhardt SS, Esch JC, and Jolson RS. The rotator crescent and rotator cable: an anatomic description of the shoulder's "suspension bridge". *Arthroscopy.* 1993;9(6):611-6.
68. Burkhardt SS. Partial repair of massive rotator cuff tears: the evolution of a concept. *Orthop Clin North Am.* 1997;28:125-32.
69. Resch H, Povacz P, Ritter E, Matschi W. Transfer of the pectoralis major muscle for the treatment of irreparable rupture of the subscapularis tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82:372-82.
70. Gerber C, Maquieira G, Espinosa N. Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88A:113-20.
71. Neer CS 2nd, Craig EV, Fukuda H. Cuff-tear arthropathy. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65A:1232-44.
72. Sirveaux F, Favard L, Oudet D, Huquet D, Walch G, Mole D. Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86B:388-95.
73. Keyes EL. Anatomical observations of rupture of the supraspinatus tendon. Based upon a cadaveric study of 73 cadavers. *Ann Surg.* 1933;97:849-56.

74. Wilson CL. Lesions of the supraspinatus tendon. Degeneration, rupture and calcification. *Arch Surg.* 1943;46:307.
75. Cotton RE, Rideout DF. Tears of the humeral rotator cuff; a radiological and pathological necropsy survey. *J Bone Joint Surg Br.* 1964;46B:314-28.
76. Lehman C, Cuomo F, Kummer FJ, Zuckerman JD. The incidence of full thickness rotator cuff tears in a large cadaveric population. *Bull Hosp Jt Dis.* 1995;54:30-1.
77. Jerosch J, Muller T, Castro WH. The incidence of rotator cuff rupture. An anatomic study. *Acta Orthop Belg.* 1991;57(2):124-9.
78. Sakurai G, Ozaki J, Tomita Y, Kondo T, Tamai S. Incomplete tears of the subscapularis tendon associated with tears of the supraspinatus tendon: cadaveric and clinical studies. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998;7(5):510-5.
79. Milgrom C, Schaffler M, Gilbert S, van Holsbeeck M. Rotator-cuff changes in asymptomatic adults. The effect of age, hand dominance and gender. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77B(2):296-8.
80. Sher JS, Uribe JW, Posada A, Murphy BJ, Zlatkin MB. Abnormal findings on magnetic resonance images of asymptomatic shoulders. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77A(1):10-5.
81. Connor PM, Banks DM, Tyson AB, Coumas JS, D'Alessandro DF. Magnetic resonance imaging of the asymptomatic shoulder of overhead athletes: a 5-year follow-up study. *Am J Sports Med.* 2003;31(5):724-7.
82. Miniaci A, Mascia AT, Salonen DC, Becker EJ. Magnetic resonance imaging evaluation of the rotator cuff tendons in the asymptomatic shoulder. *Am J Sports Med.* 1995;23(2):142-5.
83. Schibany N, Zehetgruber H, Kainberger F, Wurnig C, Ba-Salamah A, Hereth AM, et al. Rotator cuff tears in asymptomatic individuals: a clinical and ultrasonographic screening study. *Eur J Radiol.* 2004;51(3):263-8.
84. Yamaguchi K, Tetro AM, Blam O, Evanoff BA, Teefey SA, Middleton WD. Natural history of asymptomatic rotator cuff tears: a longitudinal analysis of asymptomatic tears detected sonographically. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001;10:199-203.
85. Mancuso CA, Altchek DW, Craig EV, Jones EC, Robbins L, Warren RF, et al. Patient's expectations of shoulder surgery. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11:541-9.
86. Zvijac JE, Levy HJ, Lemak LJ. Arthroscopic subacromial decompression in the treatment of full-thickness rotator cuff tears: a 3- to 6-year follow-up. *Arthroscopy.* 1994;10:518-23.
87. Ogilvie-Harris DJ, Demaziere A. Arthroscopic debridement versus open repair for rotator cuff tears. A prospective cohort study. *J Bone Joint Surg Br.* 1993B:75:416-20.
88. Bosley RC. Total acromionectomy. A twenty-year review. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73A(7):961-8.
89. McShane RB, Leinberry CF, Fenlin JM Jr. Conservative open anterior acromioplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1987;223:137-44.
90. Levy O, Copeland SA. Regeneration of the coracoacromial ligament after acromioplasty and arthroscopic subacromial decompression. *J Shoulder Elbow Surg.* 2001;10(4):317-20.
91. McCallister WV, Parsons IM, Tittelman RM, Matsen FA 3rd. Open rotator cuff repair without acromioplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87A(6):1278-83.
92. Kessel L, Watson M. The painful arc syndrome. Clinical classification as a guide to management. *J Bone Joint Surg Br.* 1977;59B(2):166-72.
93. Strobel K, Pfirrmann CW, Zanetti M, Nagy L, Hodler J. MRI features of the acromioclavicular joint that predict pain relief from intraarticular injection. *AJR Am J Roentgenol.* 2003;181(3):755-60.
94. Uthhoff HK, Sano H, Trudel G, Ishii H. Early reactions after reimplantation of the tendon of supraspinatus into bone. A study in rabbits. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(7):1072-6.
95. Davidson JF, Burkhardt SS, Richards DP, Campbell SE. Use of preoperative magnetic resonance imaging to predict rotator cuff tear pattern and method of repair. *Arthroscopy.* 2005;21(12):1428.
96. Ma CB, Comerford L, Wilson J, Puttlitz CM. Biomechanical evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs: double-row compared with single-row fixation. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(2):403-10.
97. Anderson K, Boothby M, Aschemberger D, van Holsbeeck M. Outcome and structural integrity after arthroscopic rotator cuff repair using 2 rows of fixation: minimum 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2006;34(12):1899-905.
98. Fealy S, Rodeo SA, MacGillivray JD, Nixon AJ, Adler RS, Warren RF. Biomechanical evaluation of the relation between number of suture anchors and strength of the bone-tendon interface in a goat rotator cuff model. *Arthroscopy.* 2006;22(6):595-602.
99. Moore DR, Cain EL, Schwartz ML, Clancy WG Jr. Allograft reconstruction for massive, irreparable rotator cuff tears. *Am J Sports Med.* 2006;34(3):392-6.
100. Iannotti JP, Codsi MJ, Kwon YW, Derwin K, Ciccone J, Brems JJ. Porcine small intestine submucosa augmentation of surgical repair of chronic two-tendon rotator cuff tears. A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88A(6):1238-44.
101. Neviaser TJ, Neviaser RJ, Neviaser JS, Neviaser JS. The four-in-one arthroplasty for the painful arc syndrome. *Clin Orthop.* 1982;163:107-12.
102. Wolf RS, Zheng N, Weichel D. Long head biceps tenotomy versus tenodesis: a cadaveric biomechanical analysis. *Arthroscopy.* 2005;21(2):182-5.
103. Ellman H, Hanker G, Bayer M. Repair of the rotator cuff. End-result study of factors influencing reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 1986;68:1136-44.
104. Iannotti JP. Full-thickness rotator cuff tears: factors affecting surgical outcome. *J Am Acad Orthop Surg.* 1994;2:87-95.
105. Sonnabend DH, Watson EM. Structural factors affecting the outcome of rotator cuff repair. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11(3):212-8.
106. Romeo AA, Hang DW, Bach BR Jr, Shott S. Repair of full thickness rotator cuff tears. Gender, age, and other factors affecting outcome. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;367:243-55.
107. Bigliani LU, Levine WN. Subacromial impingement syndrome. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79A:1854-68.
108. Davidson PA, Rivenburgh DW. Rotator cuff repair tension as a determinant of functional outcome. *J Shoulder Elbow Surg.* 2000;9(6):502-6.
109. Zlatkin MB. MRI of the postoperative shoulder. *Skeletal Radiol.* 2002;31:63-80.
110. Zanetti M, Hodler J. MR imaging of the shoulder after surgery. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2004;12:169-83.
111. Ruzek KA, Bancroft LW, Peterson JJ. Postoperative imaging of the shoulder. *Radiol Clin N Am.* 2006;44:331-41.
112. Sauer N, Pfirrmann CW, Schmid MR, Jost B, Werner CM, Zanetti M. Association between rotator cuff abnormalities and reduced acromiohumeral distance. *AJR Am J Roentgenol.* 2006;187(2):376-82.
113. Amstutz HC, Sew Hoy AL, Clarke IC. UCLA anatomic total shoulder arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1981;155:7-20.
114. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res.* 1987;214:160-4.
115. King GJ, Richards RR, Zuckerman JD, Blasier R, Dillman C, Friedman RJ, et al. A standardized method for assessment of elbow function. Research Committee, American Shoulder and Elbow Surgeons. *J Shoulder Elbow Surg.* 1999;8(4):351-4.
116. Park HB, Keyurapan E, Gill HS, Selhi HS, McFarland EG. Suture anchors and tacks for shoulder surgery, part II: the prevention and treatment of complications. *Am J Sports Med.* 2006;34(1):136-44.
117. Glueck D, Wilson TC, Johnson DL. Extensive osteolysis after rotator cuff repair with a bioabsorbable suture anchor: a case report. *Am J Sports Med.* 2005;33(5):742-4.
118. Meyer DC, Hoppeler H, von Rechenberg B, Gerber C. A pathomechanical concept explains muscle loss and fatty muscular changes following surgical tendon release. *J Orthop Res.* 2004;22:1004-7.
119. Uthhoff HK, Matsumoto P, Trudel G, Himori K. Early reattachment does not reverse atrophy and fat accumulation of the supraspinatus: an experimental study in rabbits. *J Orthop Res.* 2003;21:386-92.
120. Albritton MJ, Graham RD, Richards RS 2nd, Basamania CJ. An anatomic study of the effects on the suprascapular nerve due to retraction of the supraspinatus muscle after a rotator cuff tear. *J Shoulder Elbow Surg.* 2003;12(5):497-500.
121. Maughan RJ, Watson JS, Weir J. Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *J Physiol.* 1983;338:37-49.
122. Lund H, Christensen L, Savnik A, Boesen J, Danneskiold-Samsøe B, Bliddal H. Volume estimation of extensor muscles of the lower leg based on MR imaging. *Eur Radiol.* 2002;12(12):2982-7.

**Declaración de conflicto de intereses.**

Declaramos no tener ningún conflicto de intereses.