



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

**Optimización de la Técnica de Artrosonografía
de Hombro**

D. Andrés López Sánchez

2021



UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

OPTIMIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ARTROSONOGRAFÍA DE HOMBRO

Andrés López Sánchez

2021

Directores:

Juan de Dios Berná Mestre

Juan de Dios Berná Serna



UNIVERSIDAD DE MURCIA

Departamento de

Dermatología, Estomatología y Radiología y Medicina Física

Facultad de Medicina

Juan de Dios Berná Mestre

AUTORIZA:

La presentación de la tesis doctoral titulada: “OPTIMIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ARTROSONOGRAFÍA DE HOMBRO”, realizada por Andrés López Sánchez, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia, a dieciocho de marzo de dos mil veintiuno.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Juan de Dios Berná Mestre", written over a grid pattern.



UNIVERSIDAD DE MURCIA

Departamento de

Dermatología, Estomatología y Radiología y Medicina Física

Facultad de Medicina

Juan de Dios Berná Serna

AUTORIZA:

La presentación de la tesis doctoral titulada: “OPTIMIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ARTROSONOGRAFÍA DE HOMBRO”, realizada por Andrés López Sánchez, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del Grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Y, para que surta los efectos oportunos al interesado, firmo la presente en Murcia, a dieciocho de marzo de dos mil veintiuno.

Fdo. Dr. Juan de Dios Berná Serna

A mis padres, a mis hermanos...

AGRADECIMIENTOS

A mis compañeros de sección, Lola, Begoña, Ángela y Juan de Dios, por motivarme cada día a seguir aprendiendo.

A mi familia, por su apoyo y estar conmigo siempre.

Gracias a todos los compañeros del Servicio de Radiología del Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca, por hacerme disfrutar siempre dentro y fuera del trabajo.

Gracias a mis directores de tesis, Juan de Dios Berna Serna y Juan de Dios Berna Mestre, a Tina y a todos los que me han impulsado y apoyado en este trabajo.

Agradecer a todos los pacientes implicados en el estudio, porque gracias a vosotros seguimos creciendo como profesionales.

A ti Victoria, por soportarme cada día, en los buenos momentos y en los menos buenos.

A todos, muchas gracias.

RESUMEN

La artroresonancia magnética (artro-RM) de hombro es una técnica radiológica que permite la visualización de estructuras intraarticulares implicados en la estabilidad de la articulación glenohumeral, tras la infiltración de contraste intraarticular diluido (Gd con o sin contraste yodado). Frente a la fluoroscopia o la tomografía computarizada (TC), la infiltración de contraste mediante guía ecográfica permite la visualización en tiempo real de la aguja y evita el daño de estructuras neurovasculares y tendinosas. Además, es una técnica accesible y libre de radiación.

En la literatura se recomienda una cantidad de 12-16 ml para lograr una adecuada distensión articular, y la vía de abordaje posterior ecoguiada que se ha descrito presenta un trayecto lateromedial. En nuestro estudio se describe un abordaje posterior mediolateral, de forma que se realiza la punción del cartílago humeral, y además presentamos una nueva marca anatómica: receso humeral posteroinferior (RHPI), que permite monitorizar la cantidad de contraste para una distensión articular óptima, al medir una distensión del RHPI entre 0.3 y 0.5cm, tras introducir 14-18 ml. Una distensión del RHPI >0.5 cm se relaciona con extravasación del contraste por rotura capsular, y una distensión <0.3 cm, con una distensión articular insuficiente.

Por último, en el presenta estudio se describe la técnica "triple contraste", al añadir 1ml de contraste ecográfico a la solución de Gd y yodo, la cual no está descrita previamente en la literatura. Esta solución no produce artefacto según nuestros resultados en las imágenes de artro-RM ni artro-TC, y podría tener utilidad para ayudar a la infiltración en pacientes obesos o con mala ventana acústica.

SUMMARY

Magnetic resonance imaging (MR arthrography) of the shoulder is a radiological technique that allows the visualization of intra-articular structures involved in the stability of the glenohumeral joint, after infiltration of diluted intra-articular contrast (gadolinium with or without iodinated contrast). Compared to fluoroscopy or computed tomography (CT), contrast infiltration by ultrasound guidance allows real-time visualization of the needle and prevents damage to neurovascular and tendon structures. In addition, it is an accessible and radiation-free technique.

In the literature, a quantity of 12-16 ml is recommended to achieve adequate joint distension, and the ultrasound-guided posterior approach that has been described presents a lateromedial course. In our study, a posterior mediolateral approach is described, so that the humeral cartilage is punctured, and we also present a new anatomical landmark: posteroinferior humeral recess (RHPI), which allows the amount of contrast to be monitored for optimal joint distension, by measure a distention of the RHPI between 0.3 and 0.5cm, after introducing 14-18 ml. An LHRT distention > 0.5cm is related to contrast extravasation due to capsular rupture, and a distention < 0.3cm, with insufficient joint distention.

Finally, the present study describes the "triple contrast" technique, by adding 1ml of ultrasound contrast to the gadolinium and iodine solution, which has not been previously described in the literature. This solution does not produce artifact according to our results in MRI or CT images, and it could be useful to help infiltration in obese patients or those with poor acoustic windows.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I	22
INTRODUCCIÓN	24
1. Anatomía de la articulación glenohumeral	24
1.1 Labrum glenoideo, bíceps y variantes anatómicas	24
1.2 Cápsula articular y ligamentos glenohumerales	28
1.3 Manguito rotador y Bursas periarticulares	32
2. Inestabilidad de Hombro	35
2.1 Luxación de hombro. Lesiones de Hill-Sachs y Bankart	35
2.2 Microinestabilidad de Hombro. Lesión SLAP	39
3. Arthro-RM de Hombro	42
3.1 Indicaciones y contraindicaciones	42
3.2 Tipos de Arthro-RM y Técnica	45
3.3 Métodos para introducir el contraste	47
4. Punciones ecoguiadas de la articulación glenohumeral	50
4.1 Infiltraciones y drenajes	50
4.2. Punción con contraste ecográfico	52
PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS	54
OBJETIVOS DE TRABAJO	56
CAPITULO II	58
MATERIAL Y MÉTODOS	60
1. Pacientes	60
2. Procedimientos	62
2.1. Tipos de Soluciones utilizadas	62
2.2 Arthro-SG	63
2.3. Arthro-TC	68
2.4. Arthro-RM	68
3. Recogida de datos	69
4. Análisis estadístico	72
CAPITULO III	75

ÍNDICE GENERAL

RESULTADOS	77
1. Resultados generales	77
2. Análisis de la medida ecográfica del RHPI	82
3. Evaluación de la medida del RHPI en Artro-RM.	83
CAPITULO IV	86
DISCUSION	88
LIMITACIONES DEL ESTUDIO	99
CONCLUSIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ABC: área bajo la curva.

ABER: abducción y rotación externa.

AIOS: inestabilidad adquirida en hombro sometido a sobrecarga, cirugía.

ALPSA: avulsión del periostio del labrum anterior del hombro.

AMBRII: atraumático, multidireccional, bilateral, responde a rehabilitación, desplazamiento capsular inferior, cierre de intervalo.

AMSI: inestabilidad menor atraumática del hombro.

Artro-SG: Artrosonografía.

Artro-RM: artro-resonancia magnética.

Artro-TC: artro-tomografía computarizada.

CEUS: contraste ecográfico.

Cm: centímetros.

D: deltoides.

DT: desviación típica.

E: especificidad.

EC: enfermedad de Crohn

EVA: escala visual analógica.

G: glenoides

Gd: gadolinio.

GH: glenohumeral.

GLAD: disrupción articular de labrum glenoideo.

H: húmero.

HS: Hill-Sachs.

IE: infraespinoso.

IM: índice mecánico.

IV: intravenoso.

L: labrum

LCH: ligamento coracohumeral.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

LGHI: ligamento glenohumeral inferior.

LGHM: ligamento glenohumeral medio.

LGHS: ligamento glenohumeral superior.

MI: mililitros.

Ms: milisegundos.

RM: resonancia magnética.

S: sensibilidad.

SASD: subacromio-subdeltoidea.

SE: supraespinoso

SLAP: lesión por avulsión de labrum superior.

T: teslas

TC: tomografía computarizada.

TCS: tejido celular subcutáneo.

TE: tiempo de eco.

TPLB: tendón de la porción larga del bíceps braquial.

TR: tiempo de repetición.

TUBS: Traumática, unidireccional, lesión de Bankart, responde a la cirugía.

VPP: valor predictivo positivo.

VPN: valor predictivo negativo.

Um: micras

US: ultrasonido.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

OBJETIVOS DEL TRABAJO

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la ecografía en el sistema músculo esquelético se ha impuesto como una técnica fiable para el diagnóstico de una gran cantidad de lesiones del aparato locomotor, debido a la introducción en el mercado de equipos de alta resolución y a la elevada experiencia de los radiólogos en este campo.

No obstante, su valor es limitado para el diagnóstico de numerosas patologías, entre ellas la afectación de estructuras intraarticulares del hombro como el rodete glenoideo, el intervalo rotador, la polea del bíceps, la valoración del hombro posquirúrgico o la integridad de los ligamentos glenohumerales, estructuras que juegan un papel principal en la estabilidad de la articulación glenohumeral. En estos casos, la resonancia magnética (RM) y fundamentalmente la artroresonancia magnética (artro-RM), se imponen como técnicas de elección ^{1,2,3}.

1. ANATOMIA DE LA ARTICULACIÓN GLENOHUMERAL

La articulación glenohumeral es una enartrosis esférica y está compuesta por la cabeza del húmero y la cavidad de la glenoides, la cual presenta un fibrocartílago que la rodea en forma de rodete, denominado labrum, que incrementa la congruencia articular y proporciona aumento de la estabilidad.

1.1 LABRUM GLENOIDEO, BÍCEPS Y VARIANTES ANATÓMICAS

Labrum glenoideo

El labrum o rodete glenoideo cubre circularmente la cavidad glenoidea y forma una unidad funcional con la cápsula, los ligamentos glenohumerales y los tendones de la cabeza larga del bíceps y del tríceps. El labrum se compone principalmente de fibras de colágeno dispuestas radialmente y una pequeña zona de inserción de cartílago fibroso en el cuello escapular ⁴.

Desde una perspectiva funcional, el labrum presenta diferentes cometidos: incrementa el tamaño y congruencia de las superficies articulares de la glenoides, aumentando la estabilidad, y reduce la tensión capsular.

El rodete glenoideo se encuentra vascularizado a través de ramas de la arteria supraescapular, la arteria circunfleja humeral anterior y la arteria circunfleja humeral posterior. La vascularización es mínima en las partes superior y anterosuperior, lo que puede contribuir al limitado potencial de regeneración de lesiones en estas regiones ⁵.

Debido a la histología del labrum, compuesto por tejido fibrocartilaginoso, presenta una intensidad de señal baja en todas las secuencias de resonancia magnética (RM). El rodete glenoideo, junto la cavidad glenoidea, se puede dividir en 4 cuadrantes ⁶:

1. Anterosuperior.
2. Anteroinferior.
3. Posteroinferior.
4. Posterosuperior.

También podemos dividir el labrum para la localización de lesiones en sentido de las agujas del reloj en plano sagital, situando las 3 horas en posición anterior, las 6 horas en posición inferior, las 9 posteriormente y las 12 horas en posición craneal (figura 1).

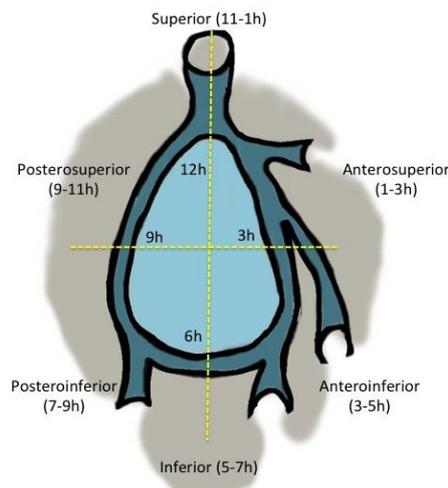


Figura 1. Dibujo del labrum y su división en segmentos y siguiendo las agujas del reloj. La posición anterior corresponde a las 3 horas, y la posición posterior a las 9 horas.

La morfología del labrum suele ser triangular, si bien podemos encontrar pacientes con una morfología redondeada o aplanada en ausencia de patología hasta en el 15% de los pacientes ⁶.

Tendón de la porción larga del biceps braquial (TPLB)

El TPLB surge del tubérculo supraglenoideo y de la porción superior de la glenoides. El tendón es intraarticular pero extrasinovial, con una vaina forrada de sinovial circundante que se comunica con la articulación glenohumeral y se extiende a la corredera bicipital ⁷. A medida que pasa anterior y lateralmente a la ranura bicipital, la parte intraarticular del TPLB es estabilizada por el ligamento glenohumeral superior (LGHS) y ligamento coracohumeral (LCH), que se fusionan a lo largo de la mitad lateral del intervalo rotador con fibras del subscapular y supraespinoso para formar la polea del bíceps. El TPLB sufre una angulación bastante abrupta de 30 a 40 grados a medida que pasa a través de la polea. El TPLB mide 5-6 mm de diámetro y aproximadamente 10 cm de longitud, desde su inserción intraarticular hasta su unión musculotendinosa en la profundidad del tendón del músculo pectoral mayor ⁸.

La vascularización del TPLB deriva de 3 ramas arteriales, en concreto de la arteria braquial, de ramas de arteria toracoacromial y un aporte más variable a través de ramas de la arteria circunfleja humeral anterior. Se observa una zona relativamente consistente de hipovascularidad situado de 1,2 a 3 cm del origen del tendón ^{8,9}.

La union del TPLB al labrum superior se denomina complejo bicipitolabral. Existen tres tipos de unions del biceps al tubérculo supraglenoideo: tipo I, en la que el tendon se encuentra firmemente unido a la glenoides, tipo II, donde la union tendón-glenoides es medial y existe un surco entre el borde libre del labrum y el cartílago, y tipo III, donde existe un receso profundo.

La arto-RM es la modalidad de imagen preferida para evaluar el TPLB. La imagen de la inserción del bíceps se basa principalmente en imágenes oblicuas coronales. Las estructuras del intervalo del rotador, incluyendo la polea del bíceps y atravesando la cabeza larga del tendón del bíceps, se evalúan mejor con imágenes oblicuas sagitales. Las imágenes axiales son las mejores para evaluar el TPLB a nivel de la corredera bicipital ¹⁰.

El TPLB puede sufrir diferentes patologías: inflamación, degeneración, subluxación o roturas.

Variantes anatómicas del labrum y el TPLB

Existe una serie de variantes del labrum glenoideo, cuya importancia se debe principalmente al hecho de que pueden malinterpretarse como hallazgos patológicos (por ejemplo, lesión de Bankart o desgarro del labrum). Estas variantes anatómicas incluyen ^{11,12}:

-Complejo de Buford: es una variante congénita donde el labrum anterosuperior está ausente en la posición desde la 1 a las 3 horas, y el ligamento glenohumeral medio está engrosado y/o doble. Podemos encontrar esta variante hasta en el 3% de los pacientes.

-Foramen sublabral: consiste en la separación del labrum de la glenoides subyacente. Es una variante del labrum sin importancia clínica y puede confundirse con una lesión SLAP. El foramen sublabral se localiza anterosuperiormente y puede extenderse caudalmente, aunque no sobrepasa la posición de las 3 horas (es decir, se encuentra en la mitad superior del labrum).

-Surco sublabral: se encuentra en la posición de las 12 horas en punto y representa un receso normal entre el labrum superior y el cartílago de la cavidad glenoidea.

En cuanto a las variantes anatómicas del tendón de la porción larga del bíceps braquial, se han descrito orígenes intraarticulares y extraarticulares aberrantes del TPLB, así como ausencia congénita. Las más frecuentes son el origen bifurcado en el tubérculo supraglenoideo y en el labrum superior posterior, y los orígenes del tendón en la escápula sin origen en el labrum superior^{13,14}.

1.2 CÁPSULA ARTICULAR Y LIGAMENTOS GLENOHUMERALES

Cápsula articular glenohumeral

La cápsula de la articulación glenohumeral está unida medialmente al cuello glenoideo y lateralmente al cuello anatómico del húmero, y se compone de tres capas: una capa profunda de revestimiento sinovial en la superficie articular, una capa

intermedia de colágeno dispuesto de forma libre y una capa superficial bursal más gruesa de colágeno denso. La membrana sinovial continúa entre las tuberosidades mayor y menor y forma la vaina para el tendón de la porción larga del biceps braquial ¹⁵.

La cápsula articular es laxa, lo que propociona a la articulación glenohumeral un amplio rango de movimiento, aunque contribuye a aumentar la inestabilidad. Se encuentra reforzada por varios ligamentos fibrosos, siendo los principales el ligamento coracohumeral y los glenohumerales.

En la cápsula se encuentran dos recesos: el receso axilar, localizado entre las bandas anterior y posterior del ligamento glenohumeral inferior, y el receso subscapular, situado entre el tendón del músculo subscapular y la apófisis coracoides.

Están descritas tres tipos de inserciones capsulares: la inserción tipo I, que se extiende hasta el margen de la glenoides y el rodete, la tipo II, que se inserta en el primer cm medial al labrum, y la inserción tipo III, en las que las fibras capsulares se insertan a una distancia superior a 1 cm medial al rodete. Según numerosos autores, la inserción capsular tipo II y fundamentalmente la tipo III son predisponentes a inestabilidad glenohumeral ^{16,17} (figura 2).



Figura 2. Representación mediante dibujo de la articulación glenohumeral en plano axial y los diferentes tipos de inserción capsular anterior (línea roja). La imagen A corresponde a la inserción capsular tipo I, la imagen B a la inserción tipo II y la imagen C representa la inserción capsular tipo III.

Ligamentos glenohumerales (LGHs)

Los LGHs son refuerzos fibrosos de la cápsula, así como los principales estabilizadores de la articulación del hombro. Se trata de engrosamientos focales capsulares que se extienden desde el lábrum y el reborde glenoideo adyacente hasta el cuello anatómico del húmero (figura 3).

Los ligamentos glenohumerales, junto con el margen anterior del rodete, la glenoides y el tendón del subescapular, forman el complejo capsulolabral anterior. De igual manera, estos ligamentos junto a la región posterior labral, la glenoides y la porción posterior capsular, conforman el complejo ligamentoso labrocapsular posterior ^{18,19}.

- **Ligamento glenohumeral superior (LGHS)**: surge desde la porción superior del labrum (tubérculo supraglenoideo) y su inserción se encuentra en la porción craneal del troquíter. Sus fibras distales se juntan con el ligamento coracohumeral, formando la polea del bíceps en un espacio entre el subescapular y el supraespinoso, denominado intervalo rotador. Existen variantes de este ligamento, ya que se puede originar conjuntamente con el tendón de la porción larga del bíceps braquial o conjuntamente con el ligamento glenohumeral medio.
- **Ligamento glenohumeral medio (LGHM)**: sus fibras se originan en la porción anterior del labrum y cuello glenoideo y finalizan en el troquín, inmediatamente caudal al tendón del subescapular. Entre el LGHM y el LGHI se observa una región de debilidad fibrilar en el que se origina el foramen oval (también llamado foramen de Weitbrecht). Este ligamento es el que más variación presenta. Puede estar ausente en torno a un 25% de los casos, engrosado y acompañado de ausencia de labrum anterosuperior (complejo de Buford), o más raramente, presentar duplicidad.
- **Ligamento glenohumeral inferior (LGHI)**: se extiende desde la porción más caudal del labrum para insertarse en el troquín y el cuello quirúrgico del húmero. Contiene dos bandas, una anterior más gruesa y otra posterior, esta última más

fina y con un papel menos trascendente en la estabilidad glenohumeral. Este ligamento es considerado el principal estabilizador de la traslación anterior de la cabeza humeral. La lesión de este ligamento puede dar lugar al denominado HAGL, que consiste en la avulsión de la banda anterior en su inserción humeral o BHAGL, si se acompaña de avulsión ósea del cuello humeral. Su rotura suele estar implicado en el mecanismo de luxación glenohumeral, estando asociado en gran cantidad de ocasiones a afectación del músculo subescapular, a lesión de Bankart o fractura de Hill-Sachs, a lesión del LGHM o a fractura de clavícula ²⁰.

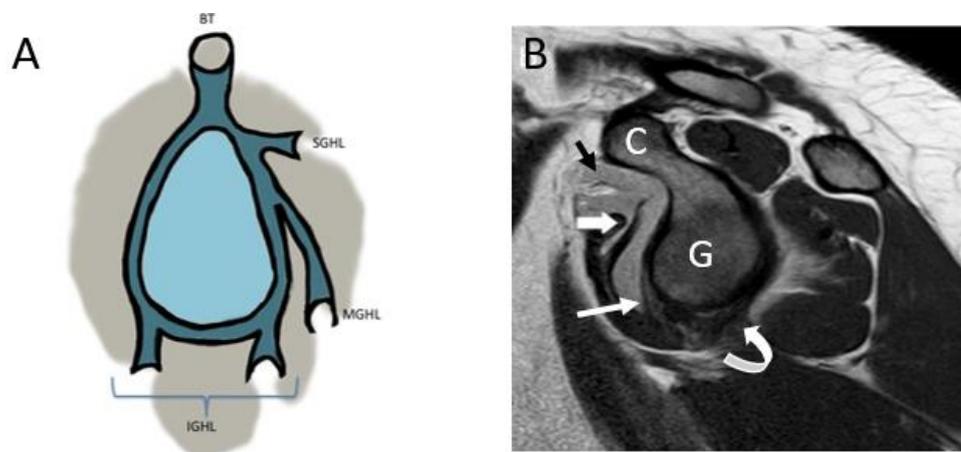


Figura 3. A: Representación mediante un dibujo de los LGHs. B: Imagen sagital de resonancia magnética potenciada en T1 donde se observa el LGHS (flecha negra), LGHM (flecha gruesa blanca), la banda anterior del LGHI (flecha fina blanca) y la banda posterior del LGHI (flecha curva). G: glenoides, C: apófisis Coracoides.

- Ligamento coracohumeral: se trata de un potente ligamento extracapsular, que va desde la base de la coracoides hasta el troquín y el troquiter, después de la bifurcación en dos componentes de sus fibras distales.

Se debe mencionar la presencia de un refuerzo superior articular, denominado arco coracoacromial y constituido por el ligamento coracoacromial, la apófisis coracoides y el acromion. En esta área está delimitado el espacio subacromial, por el que deslizan los tendones del manguito rotador.

Por último, debemos conocer la existencia del intervalo de los rotadores, un espacio anatómico con morfología triangular localizado entre los tendones de los músculos subescapular y supraespinoso, y la base de la apófisis coracoides. Contiene el ligamento coracohumeral, la polea y el TPLB ²¹.

1.3 MANGUITO ROTADOR Y BURSAS PERIARTICULARES

Manguito rotador

El manguito rotador se trata de un complejo anatómico formado por los tendones de cuatro músculos, los cuales se fusionan con la cápsula articular de hombro para insertarse en el troquíter o troquín. Son el músculo subescapular, el supraespinoso, el infraespinoso y el músculo redondo menor (figura 4). Se consideran los músculos principales de la movilización en todos los rangos de movimientos de la articulación entre la glenoides y el húmero ²²⁻²⁵.

- **Músculo subescapular**: surge en la región anterior de la fosa subescapular para insertarse el troquín humeral. Se encuentra inervado por los nervios subescapular superior e inferior.
- **Músculo supraespinoso**: se origina en la fosa supraescapular, y su tendón transcurre bajo el arco acromioclavicular para insertarse distalmente en la parte superior del troquíter. Recibe inervación del nervio supraescapular tras pasar a través de la escotadura supraescapular.
- **Músculo infraespinoso**: se origina en la región posterior de la fosa subescapular y su tendón finaliza en la cara posterior del troquíter. Se encuentra inervado por el nervio supraescapular, distal a la escotadura espinoglenoidea.

- Músculo redondo menor: tiene su origen en la porción inferior y externa escapular, para insertarse distalmente en el troquiter. Se inervación corre a cargo de ramas del nervio circunflejo.

El tendón del músculo supraespinoso, es el más afectado por las lesiones, seguido del infraespinoso y del subescapular. Los datos de la literatura indican que el desgarro parcial de los tendones es más común que el desgarro completo ^{24,25}.

En gran cantidad de pacientes con lesiones tendinosas del manguito rotador se observa osteoartritis acromioclavicular, cuyos hallazgos son la presencia de osteofitos marginales y disminución del espacio subacromial y es una de las principales causas de lesión del manguito rotador ²⁶.

Las roturas tendinosas se clasifican en roturas de espesor parcial y roturas de espesor completo según afecten a parte o a todo el espesor del tendón. Dentro de las roturas de espesor parcial, estas pueden dividirse a su vez en roturas que afecten a la superficie inferior del tendón (articulares), rotura intrasustancia o roturas que afecten a la superficie superior tendinosa (bursales) ^{27,28}.

El hallazgo más típico de rotura en RM o ecografía es la presencia de un área con intensidad de señal/ecogenicidad similar al líquido en el interior del tendón o la discontinuidad de las fibras ^{27,28}.

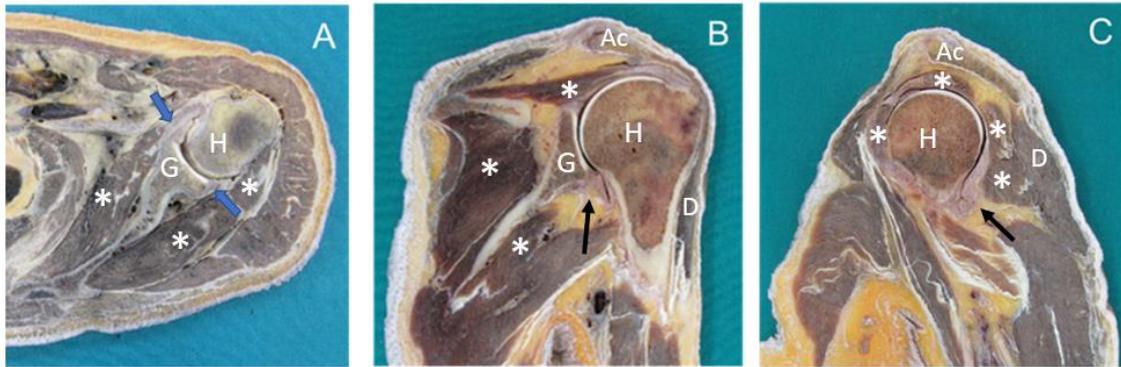


Figura 4. Cortes anatómicos de cadáver de la articulación del hombro. A: corte axial, B: corte coronal y C: corte sagital. Se observa la cápsula articular (flecha fina), el labrum (flecha gruesa azul) y manguito rotador (asteriscos). H: cabeza humeral, G: glenoides, D: deltoides y AC: acromion.

Bursas periarticulares

La bursas del hombro se refiere a las estructuras que rodean la articulación glenohumeral y que están revestidas por membrana sinovial, de forma que al rellenarse de liquido sinovial, facilitan el movimiento y reducen la fricción en las interfaces tendón-tendón y tendón-hueso ²⁹.

Hay varias bursas principales alrededor del hombro:

- Bursa subacromio-subdeltoidea (SASD): es la de mayor tamaño y se extiende por debajo del acromion y el músculo deltoides, superficial al manguito e intervalo rotador.
- Bursa subcoracoidea: se encuentra superficial al tendón subescapular y por debajo de la apófisis coracoides y se extiende en sentido caudal superficial al tendón conjunto del coracobraquial y la cabeza corta del bíceps. El líquido en la bursa subcoracoidea normalmente no se comunica con la articulación glenohumeral (a

diferencia del receso subescapular), pero puede comunicarse con la bursa subacromial.

- Bursa coracoclavicular: también conocida como supracoracoidea, se puede encontrar dentro de los segmentos trapezoide y conoide del ligamento coracoclavicular. Está rodeada por cantidades variables de tejido fibro-graso. También se pueden encontrar de forma adyacente bursas más pequeñas asociadas con la apófisis coracoides o con cualquiera de los segmentos del ligamento coracoclavicular.
- Bursa supra-acromial: menos descrita en la literatura, se encuentra por encima del acromion.

2. INESTABILIDAD DE HOMBRO

2.1 LUXACIÓN DE HOMBRO. LESIÓN DE HILL-SACHS Y BANKART

Luxación de hombro

El hombro es la articulación que presenta mayor rango de movimiento del cuerpo. Este hecho, unido a una estabilización ósea insuficiente se traduce en múltiples lesiones, incluyendo inestabilidad y luxaciones. Cuando se pierde completamente la congruencia articular de la cabeza del húmero respecto a la glenoides, hablamos de luxación. En cambio, cuando únicamente la cabeza se encuentra desplazada parcialmente respecto a superficie glenoidea, se trata de una subluxación ³⁰.

La inestabilidad de la articulación del hombro se ha clasificado según la etiología y su manejo, en dos grandes ítems: los denominados TUBS (traumática, unidireccional, lesión de Bankart, responde a la cirugía) y AMBRII (atraumático, multidireccional, bilateral, responde a rehabilitación, desplazamiento capsular inferior, cierre de intervalo). Entre estos dos extremos hay un amplio grupo de condiciones, definidas como leves o microinestabilidad, que incluyen AIOS (inestabilidad adquirida en hombro sometido a sobrecarga, cirugía) y AMSI (inestabilidad menor atraumática del hombro) ^{30,31}.

El mecanismo lesional en la luxación glenohumeral es variado. Puede ocurrir cuando el brazo se tuerce con fuerza extrema hacia afuera, hacia arriba o hacia atrás. En otros casos, la luxación es secundaria a una caída con el brazo extendido, un golpe directo, convulsiones o descarga eléctrica. Las luxaciones pueden clasificarse en tres tipos según la dirección de la dislocación ^{32,33}:

- Luxación anterior: la parte superior del húmero se desplaza hacia adelante y generalmente hacia abajo con respecto a la glenoides. Este es el tipo más común de dislocación del hombro y representa más del 95% de los casos. En los jóvenes, la causa suele estar relacionada con el deporte. En las personas mayores, generalmente es causada por una caída con el brazo extendido. En este tipo de luxación, se produce impactación de la porción posterosuperior del húmero con el margen anteroinferior de la glenoides.
- Luxación posterior: la parte superior de la cabeza del húmero se desplaza hacia la parte posterior de la escápula. En este tipo de lesiones, la porción anterior de la cabeza humeral golpea sobre la porción posterior de la superficie de la glenoides. Las luxaciones posteriores representan del 2% al 4% de todas las luxaciones del hombro y pueden estar relacionadas con convulsiones y descargas eléctricas. Las luxaciones posteriores también pueden ocurrir debido a una caída con un brazo extendido o un golpe en la parte frontal del hombro.
- Luxación inferior: la parte superior del húmero se desplaza caudalmente. Este tipo de dislocación del hombro es el más raro, y ocurre solo en uno de cada 200 casos.

Puede ser causado por varios tipos de traumatismos en los que el brazo es empujado violentamente hacia abajo.

Lesión de Hill-Sachs (HS)

Se trata de una fractura secundaria a la compresión osteocondral de la superficie posterosuperior de la cabeza humeral (figura 5). Puede estar presente en el primer episodio de luxación anterior y es constante en casi todas las luxaciones recidivantes. El hueso trabecular en esta porción de la cabeza humeral (menos denso), y la impactación de la superficie humeral sobre el margen anterior de la glenoides en el mecanismo de luxación anterior, condicionan la aparición de esta lesión ³⁴.

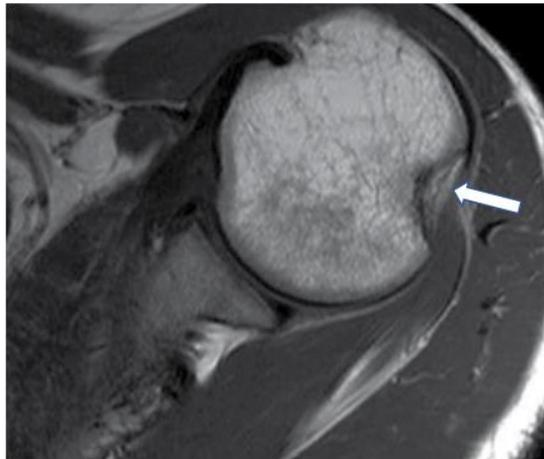


Figura 5. Lesión de Hill-Sachs. Corte axial potenciado en T1 de la articulación del hombro, en el que se aprecia una depresión en el margen posterolateral de la cabeza humeral (flecha blanca).

Hay que tratar de no confundir la lesión de HS con la zona desnuda de la cabeza humeral. Habitualmente la fractura o deformidad de HS no se observa por debajo de la coracoides, a diferencia de la zona desnuda humeral ³⁵.

La mayoría de las veces, la presencia de una lesión de HS aislada carece de importancia quirúrgica; sin embargo, cuando el defecto es extenso y se asocia a una lesión de Bankart ósea, la posibilidad de inestabilidad recurrente y enganche con ciertos movimientos aumenta, precisando intervención traumatológica^{36,37}.

Existe otro tipo de lesión conocida como HS invertida, que se produce en luxaciones posteriores donde la porción anterior de la cabeza humeral impacta sobre el margen posterior de la glenoides. Este mecanismo de luxación, la fractura por impactación se localiza en la región anterior del húmero³⁸.

Lesión de Bankart

La lesión de Bankart es la afectación del labrum glenoideo anteroinferior y representan una complicación común de la luxación anterior del hombro, en la cual el húmero se comprime contra el labrum (figura 6). Este desprendimiento del labrum anteroinferior de la glenoides subyacente puede extenderse al resto del labrum, hacia arriba o hacia atrás. La lesión de Bankart con frecuencia se ve en asociación con una lesión de HS^{39,40}.

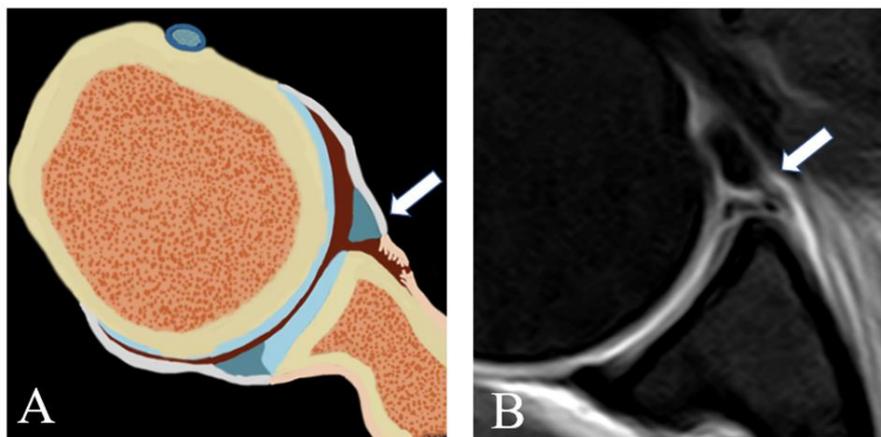


figura 6. Lesión de Bankart. Representación mediante dibujo (A) e imagen axial de artro-RM potenciada en T1 con supresión de la grasa (B) donde se aprecia la rotura del margen anteroinferior del rodete glenoideo (flecha).

Se han descrito diversos tipos y variantes de la Lesión de Bankart ⁴¹⁻⁴⁶:

- Lesión de Perthes del hombro: desinserción condrolabral con el fragmento del labrum adherido al periostio.
- Avulsión de la porción perióstica labroligamentosa anterior (ALPSA): en esta lesión el labrum movilizado medialmente permanece adherido al periostio glenoideo.
- GLAD (glenoid labrum articular disruption): es una lesión por impacto que puede producir un daño condral en la glenoides.

El término "Bankart óseo" se utiliza a menudo para referirse a la fractura de la glenoides anteroinferior adyacente, generalmente también asociado a luxación anterior glenohumeral. Es el factor pronóstico más importante para la recurrencia e inestabilidad crónica ⁴⁶.

2.2 MICROINESTABILIDAD DE HOMBRO. LESIÓN DE SLAP.

La microinestabilidad del hombro produce los denominados atrapamientos o pinzamientos posterointerno y anterosuperior interno.

Atrapamiento posterointerno

Afecta a las estructuras de soporte localizadas entre la cabeza humeral y el margen articular glenoideo, específicamente a la región posterior del tendón del supraespinoso y la región anterior del tendón infraespinoso, así como a la cápsula adyacente y la bursa subacromial. Este pinzamiento suele ser consecuencia del sobreuso repetido del brazo y suele condicionar déficit de rotación interna y dolor. Es muy frecuente en atletas jóvenes^{47,48}.

La condición patológica se produce cuando aumenta la carga en la cápsula posterior y la banda posterior del LGHI, produciéndose un desplazamiento posterosuperior de la cabeza humeral en la posición de ABER (abducción y rotación externa). Como consecuencia, el margen posterosuperior de la glenoides aumenta el contacto articular con el húmero, lo que condiciona cambios degenerativos en el labrum posterosuperior, así como roturas articulares de los tendones del infraespinoso y del supraespinoso.

También se produce estrés en el TPLB, al forzar su desplazamiento superior y rotación posterior y en el margen superior del labrum, ocasionando lesiones del labrum superior con extensión anteroposterior (SLAP).

Lesión SLAP

Las lesiones SLAP son anomalías localizadas en el labrum superior a nivel de la inserción del TLB. Las roturas se producen habitualmente por movimientos repetidos y forzados de ABER durante el lanzamiento en deportistas o por caída sobre un brazo extendido, y producen inestabilidad y dolor⁴⁷⁻⁴⁹.

Según la clasificación de Snyder se describen 4 tipos de lesiones de SLAP, no obstante, se han propuesto nuevos subgrupos de la clasificación (hasta 13)⁴⁹⁻⁵¹.

- Tipo I: margen libre del labrum superior deshilachado, frecuentemente secundario a degeneración.
- Tipo II: desprendimiento del labrum superior y del anclaje del bíceps de la glenoides superior. En pacientes jóvenes se suele asociar a lesiones de Bankart, y en mayores a desgarros del manguito rotador.
- Tipo III: desgarró en asa de cubo del labrum superior sin extensión hacia la cabeza larga del tendón del bíceps.
- Tipo IV: desgarró del asa de cubo del labrum superior con extensión a la cabeza larga del tendón del bíceps.

Atrapamiento anterosuperior interno

La estabilización anterosuperior del hombro depende en gran parte del TPLB y de su polea. La polea del bíceps, incluido también en el intervalo rotador, está formada por fibras del LGHS y del LCH.

El atrapamiento anterosuperior se manifiesta clínicamente como debilidad en maniobras de abducción y rotación interna. Estos movimientos condicionan fricción en el TPLB, debido al atrapamiento entre la polea del bíceps con el borde glenoideo anterosuperior⁵².

Este hecho puede provocar lesiones de la superficie articular del tendón del subescapular y del tendón del infraespinoso, así luxación medial del TLB. La luxación

del bíceps permite la traslación anterosuperior de la cabeza del húmero (atrapamiento anterosuperior).

Las lesiones de la polea del bíceps se han clasificado por Habermeyer en cuatro grupos, según el daño estructural sea aislado en la polea (grupo I) o afecte a las fibras articulares de los tendones del supraespinoso y del subescapular (grupos II-IV) ⁵³.

3. ARTRO-RM DE HOMBRO

3.1 INDICACIONES, CONTRAINDICACIONES Y RIESGOS

La artro-RM es la técnica radiológica que consiste en la adquisición de imágenes de resonancia magnética generalmente tras infiltración intraarticular de gadolinio (Gd) diluido con suero fisiológico. La distensión de los espacios articulares con contraste mejora la visualización de las estructuras articulares y las superficies sinoviales y es muy fiable en la detección y valoración de lesiones capsulolabiales. Esta técnica es especialmente importante en población joven y activa con formas crónicas de inestabilidad glenohumeral ⁵⁴⁻⁵⁶.

Asimismo, la presencia o ausencia de contraste en la bursa subacromial tras el procedimiento permite diferenciar de forma segura entre lesiones parciales o de espesor completo del manguito rotador ⁵⁵⁻⁵⁶.

La artro-RM también es muy útil en la valoración de las estructuras articulares en el hombro postoperado ⁵⁶.

Las complicaciones asociadas a la artro-RM directa son poco frecuentes y pueden incluir principalmente dolor durante uno o dos días tras la punción, generalmente de intensidad leve, las reacciones vasovagales, la infección o el sangrado. La distensión articular que se produce en la artro-RM puede producir sensación de presión articular y dolor de intensidad variable, que gradualmente desciende durante los dos primeros días tras el procedimiento. Los anestésicos locales causan en ocasiones sensación de quemazón al inicio de la inyección; por lo que se recomienda la infiltración de manera lenta. El efecto anestésico local empieza aproximadamente al minuto tras su inyección, tiempo que debe pasar antes de la introducción de la aguja de punción articular. Hay que considerar que cuando una aguja contacta con el cartílago o periostio, puede producir cierta molestia/dolor, por lo que es necesario planificar adecuadamente la dirección de la aguja y avisar al paciente en el momento en el que alcanzamos el cartílago o hueso ⁵⁷.

La contaminación articular con gérmenes patógenos es infrecuente (tasa de infección de aproximadamente el 0,003 %). El riesgo de desarrollar una artritis séptica aumenta en personas mayores, con artritis reumatoide, presencia de prótesis articulares e infección cutánea activa. La presencia de sospecha de infección en la piel o partes blandas cercanas al trayecto de la aguja implica la contraindicación de la prueba, ya que la aguja podría trasladar agentes patógenos a una articulación no infectada. En caso de artritis séptica, la distensión articular producida por la solución podría producir una diseminación hematológica de la infección.

Como fase anterior a la realización del estudio de artro-RM es fundamental la valoración previa de la historia clínica del paciente, con especial atención a las reacciones alérgicas y crisis vasovagales. Estas crisis son un problema relativamente frecuente. En pacientes con historia previa de crisis vasovagal, debe plantearse la premedicación con atropina. Estas reacciones son especialmente frecuentes en varones jóvenes con un ritmo cardíaco basal bajo. En cualquier caso, las reacciones vasovagales se reducen considerablemente, si se evita que el paciente vea los preparativos de la prueba, el material de punción y la punción en sí misma ^{57,58}.

Las reacciones alérgicas a la inyección intraarticular de contraste paramagnético son muy poco frecuentes, y si existen, pueden ser originadas también por los anestésicos locales o por el contraste yodado, usado para la demostración de la localización intraarticular de la aguja o realización de artro-TC. En caso de historia previa de reacción alérgica a un medio de contraste, la inyección de contraste paramagnético puede ser reemplazada por inyección de suero salino con obtención de secuencias en artro-RM potenciadas en T2 con supresión de la grasa, en lugar de en T1.

La anticoagulación es una contraindicación relativa de realización de artro-RM. Si bien no hay un acuerdo global de recomendación de pacientes en tratamiento con anticoagulantes orales, una estrategia prudente sería aceptar aquellos que muestren una ratio internacional normalizada (INR) <2.0 . En todo caso, es recomendable valorar el equilibrio entre beneficio-riesgo del procedimiento en cada caso, considerar otras opciones diagnósticas como la artro-RM indirecta, y si se realiza el procedimiento, usar agujas de calibre fino ⁵⁷.

Otra contraindicación es el antecedente de distrofia simpática refleja, ya que la inyección articular podría reactivarla.

El principal riesgo de inducir un fallo renal por la administración de contraste es la presencia de insuficiencia renal previa, que se puede evaluar con los niveles de creatinina en sangre o la tasa de filtrado glomerular. No obstante, teniendo en cuenta que la dosis de contraste administrada en la RM es mucho menor que la administrada por vía endovenosa, el fallo renal inducido por administración articular en artro-RM y el riesgo de desarrollar fibrosis nefrogénica sistémica son muy poco frecuentes ^{57,58}.

Por último, es importante recordar la obligatoriedad del consentimiento informado del paciente para realizar esta técnica.

3.2 TIPOS DE ARTRO-RM Y TÉCNICA

La artro-RM, mediante el diagnóstico de todas las estructuras descritas evita en muchas ocasiones la realización de técnicas más invasivas como la artroscopia diagnóstica y ayuda a la planificación quirúrgica cuando existen este tipo de lesiones.

Existen dos tipos de técnicas, la artroresonancia magnética directa y la indirecta:

A) Artro-RM indirecta

La artro-RM indirecta implica la inyección endovenosa de contraste paramagnético (0,1 mmol/kg-0,3 mmol/kg) de modo que el contraste se acumula posteriormente en la articulación tras el paso de Gd desde el lecho capilar al espacio intersticial sinovial, y, posteriormente a la cavidad articular. El ejercicio activo durante 10 minutos, aunque no es imprescindible, acelera la difusión del contraste en la articulación, consiguiendo un efecto artrográfico que persiste al menos durante una hora

59-61

La artro-RM indirecta es menos invasiva que la directa y además no es necesaria la coordinación con otras técnicas diagnósticas (fluoroscopia o ecografía), usadas para la infiltración del contraste en la artro-RM directa.

La principal limitación de la artro-RM indirecta es la pobre distensión articular en comparación con la artro-RM directa. La distensión capsular es fundamental para valorar lesiones del lábrum no desplazadas, laxitud y desgarros de la cápsula articular. Otra limitación es el realce que produce en estructuras periarticulares como los vasos y la membrana sinovial de bursas y vainas tendinosas, que pueden simular extravasación de

contraste, o enmascarar lesiones ligamentarias, lo que conduce a errores diagnósticos ⁶⁰⁻⁶².

B) Artro-RM directa

La artro-RM directa es un método semi-invasivo de diagnóstico por imagen en donde se distiende la cavidad articular por medio de una punción e inyección de contraste paramagnético, generalmente Gd-DPTA (gd) diluido con suero fisiológico, con una concentración de 0,5-2 mmol/L. Se introduce un volumen variable dependiendo de la articulación a estudiar, así como de las características individuales del paciente (laxitud articular, integridad capsular, etc). Para el estudio del hombro se suelen administrar entre 12 y 16 ml de solución.

Protocolo de artro-RM

Para la realización de la prueba, se deben utilizar bobinas específicas de hombro phased-array multicanal. El hombro se debe colocar en posición neutra o en leve rotación externa.

Si es tolerado por el paciente, realizar alguna secuencia en la posición en abducción y rotación externa (ABER) puede aportar mayor fiabilidad diagnóstica, permitiendo una mejor evaluación del complejo labroligamentoso anteroinferior y detectar más fácilmente lesiones parciales de la superficie articular de los tendones del manguito rotador ⁶³.

La realización de secuencias axiales y coronales con el brazo en rotación externa forzada es la mejor manera de visualizar el complejo bicipitolabral. La secuencia coronal en rotación externa forzada facilita la diferenciación entre variantes anatómicas y lesiones del lábrum superior anteroposterior (SLAP), además de incrementar la confianza del

radiólogo en el diagnóstico de lesiones del intervalo rotador y lesiones sutiles del tendón subescapular ⁶³.

El protocolo básico del estudio de artro-RM, en general consta de secuencias potenciadas en T1, habitualmente con supresión de la grasa en los tres planos convencionales: axial, coronal y sagital, en donde la solución con Gd presenta alta señal. Es necesario incluir también algún plano con secuencia potenciada en T2 con supresión de la grasa, con el objetivo de apreciar determinadas patologías como el edema óseo o muscular, patología tendinosa, gangliones o quistes paralabiales ^{63,64}.

3.1 MÉTODOS PARA INTRODUCIR CONTRASTE INTRAARTICULAR

Para la inyección intraarticular de Gd se han descrito cinco métodos distintos de guiado: a través de palpación e infiltración sin guía de imagen, bajo guía ecográfica, fluoroscópica, guiado por TC y por RM. Los métodos más habituales son los tres primeros, pero la guía fluoroscópica es la más popular. El tipo de guía de imagen utilizada para la artrografía directa depende en gran medida de la experiencia y preferencia del operador, así como de la disponibilidad de los equipos ⁶⁵⁻⁶⁸.

Algunos autores optan por un abordaje directo sin medios de imagen basándose únicamente en referencias anatómicas, aunque se han descrito extravasaciones de contraste superior al 20% según series y mayor tasa de complicaciones menores como dolor o incremento del tiempo de procedimiento ⁶⁹.

El material de contraste yodado se utiliza no sólo para verificar la posición de la punta de la aguja durante la artrografía cuando se realiza a través de fluoroscopia, sino también como parte de la mezcla de inyección y realización del examen de artro-TC

conjunto si es necesario, en caso de sospecha de lesión ósea o antecedente de artroscopia previa. La dilución de Gd con material de contraste yodado al 40-50% suele ser la solución más empleada.

Muchas prácticas también añaden rutinariamente un anestésico local a la mezcla de material de contraste para mejorar la calidad de la imagen al aliviar la incomodidad del paciente, ya que los movimientos degradan la calidad de la imagen ⁷⁰.

Generalmente cuando infiltramos Gd diluido intraarticular (habitualmente al 1-2%), bien por fluoroscopia o guiado por ecografía, aparte de apreciar en numerosas ocasiones la aguja utilizada dentro de la articulación, se observa una presión negativa intraarticular que facilita la infiltración sin esfuerzo. Esta ausencia de resistencia desaparece progresivamente con el llenado intraarticular y cuando se nota dificultad para seguir infiltrando es cuando se ha introducido una cantidad de contraste suficiente. Aunque en la literatura numerosos autores coinciden en que la cantidad de contraste que hay que introducir para la realización de una artro-RM de hombro oscila entre 12 y 16 ml, no existe en ecografía descrita ninguna medida objetiva de la repleción de estructuras articulares que nos indiquen una correcta distensión de la capsula para un correcto diagnóstico en artro-RM ⁷¹⁻⁷⁵.

Una puntualización importante a considerar, es que el aumento progresivo de la presión y de la resistencia al infiltrar la solución intraarticular no supone necesariamente que la distensión capsular sea adecuada y debemos finalizar el procedimiento, ya que el incremento de la resistencia puede ocurrir en pacientes con limitación al llenado, como ocurre en casos de capsulitis adhesiva, adherencias o engrosamiento sinovial (artrosis, sinovitis inflamatorias, etc.).

También se debe tener en cuenta que existen diferentes variaciones en cuanto al tamaño capsular, por lo que la cantidad óptima de introducción intraarticular de contraste, puede variar entre pacientes de similares características. Las variantes anatómicas de la

inserción capsular o los recesos articulares amplios que predisponen a inestabilidad/microinestabilidad del hombro, son un ejemplo de estas variantes.

La TC como guía para la infiltración, requiere una infraestructura más compleja, además de no visualizar en tiempo real la punción, proporcionar mayor cantidad de radiación al paciente y un tiempo de procedimiento relativamente mayor al de otras técnicas. Por eso, esta técnica se utiliza en pocas ocasiones.

La fluoroscopia, aunque muy utilizada en la práctica clínica, es una técnica que emite radiación y necesita junto a la infiltración de Gd, inyección adicional de contraste yodado para la confirmación de la infusión intraarticular de la solución. En esta técnica, no podemos controlar las diferentes estructuras que atravesamos hasta llegar a la articulación ^{67,71} (figura 7).

La ecografía, es una técnica más asequible, sin radiación, aunque operador dependiente. No utiliza yodo (excepto si se requiere estudio complementario de TC), por lo tanto, se encuentra asociada a un menor número de reacciones de hipersensibilidad. Esta técnica permite visualizar las estructuras presentes desde la piel a la articulación durante la inyección, con la posibilidad de evitarlas y lesionarlas ^{70, 73-77}.

Bajo guía ecográfica, se puede abordar la articulación GH por vía anterior o posterior. En el abordaje anterior la articulación GH tiene una ubicación más superficial que en el posterior, ya que en este último acceso la articulación está más profunda. Según ciertos autores, el abordaje anterior tiene mayor riesgo de punción de estructuras anatómicas, al igual que la fluoroscopia (labrum anterior, tendón del subescapular o estructuras del intervalo rotador como el TPLB). En el abordaje posterior únicamente atravesamos músculo deltoides e infraespinoso para alcanzar la articulación GH. Además, en el abordaje anterior, la presencia de la apófisis coracoides puede dificultar la visualización de la punta de la aguja ⁷⁵⁻⁸⁰.

El abordaje posterior ecoguiado que se ha descrito es lateromedial, en el que la infiltración articular se realiza desde la región lateral del hombro hasta la región superior de la cabeza humeral, con la aguja colocada debajo del tendón del infraespinoso y del labrum posterior y bordeando el cartílago hialino de la cabeza humeral ⁷⁹⁻⁸¹.

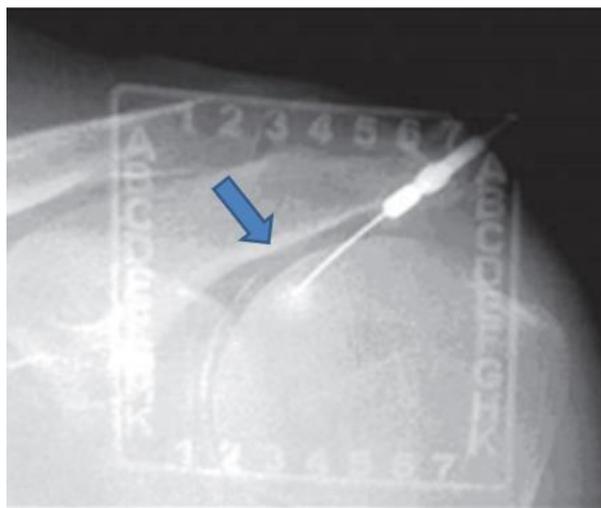


Figura 7. Arthrografía de hombro. Estudio de fluoroscopia en plano anteroposterior de la punción intraarticular glenohumeral. La aguja (flecha azul) en este caso alcanza la porción superomedial de la cabeza humeral.

4. PUNCIONES ECOGUIADAS DE LA ARTICULACIÓN GLENOHUMERAL

4.1 INFILTRACIONES Y DRENAJES

Las inyecciones intraarticulares del hombro se pueden realizar para el tratamiento de gran variedad de condiciones patológicas. De acuerdo con la patología, el fármaco a administrar puede ser un agente antiinflamatorio (como esteroides para tratar diferentes formas de capsulitis adhesiva), viscosuplementos como la inyección intraarticular de ácido hialurónico o plasma rico en plaquetas (PRP), con el fin de desacelerar el proceso fisiológico de artrosis ⁸².

La capsulitis adhesiva (u hombro congelado) es una enfermedad común que causa una morbilidad significativa. Tiene una incidencia del 3-5% en la población general y hasta un 20% en pacientes con diabetes, con un pico de incidencia entre los 40 y los 60 años.

La patogenia sigue sin estar clara, pero se cree que representa la etapa final de un proceso inflamatorio crónico capsular con reparación de tejido anormal, lo que lleva a una reducción del volumen capsular y a retricción de movimientos glenohumerales. El tratamiento incluye enfoques conservadores con fisioterapia, antiinflamatorios y medicamentos analgésicos. Las inyecciones intraarticulares están indicadas cuando el tratamiento oral no es suficiente para mejorar el resultado clínico. La inyección de esteroides guiada por ecografía se puede considerar en capsulitis adhesiva primaria o secundaria con artrosis asociada. Otra posibilidad es obtener una distensión capsular con suero salino anestésico local y corticoide (infiltración intrarticular de 20-50 ml de solución). La inyección intraarticular de ácido hialurónico también está indicada en osteoartritis degenerativa sin derrame articular o cuando las inyecciones de esteroides están contraindicadas, como en casos de diabetes. Cuando falla el tratamiento conservador, debe considerarse el abordaje con capsulotomía artroscópica ⁸².

Se pueden realizar inyecciones en la articulación del hombro con un abordaje anterior o posterior.

Utilizando el abordaje ecoguiado intraarticular en el hombro, disponemos de la posibilidad de realizar artrocentesis o drenajes ecoguiados. Esto suele ser especialmente útil para obtener una muestra del líquido articular para su análisis, en patologías reumáticas o ante la sospecha de patología infecciosa como la artritis séptica ⁸².

4.2 PUNCIÓN CON CONTRASTE ECOGRÁFICO

Los contrastes ecográficos (CEUS) son unas sustancias que administrados por vía venosa o intracavitaria aumenta la señal ecográfica. Se basan en microburbujas de gas, cuyo diámetro oscila entre 1 y 10 μm . Debido a este pequeño tamaño, atraviesan el lecho de los capilares del pulmón y permanecen en el espacio intravascular, sin pasar al espacio intersticial. La respuesta de las burbujas al campo acústico depende del índice mecánico (IM), medida estimada de la amplitud de la presión acústica. Debido a estas propiedades, las ondas de ultrasonidos destruyen rápidamente las microburbujas del contraste, hecho por el cual la visualización del contraste en ecografía dura escasos minutos ⁸³⁻⁸⁷.

Existen 3 tipos de contraste ecográficos utilizados en España, Levovist® (microcristales de galactosa unidas con microburbujas de aire estabilizadas con ácido palmítico), Optison® (grupo de los perfluorocarbonos) y SonoVue® (hexafluoruro de azufre). Este último es el más utilizado en la práctica clínica ⁸³.

Los efectos colaterales de la utilización de contraste ecográfico IV suelen ser poco relevantes (náuseas, cefalea, mareos, parestesias) y autolimitados. Las reacciones alérgicas son mucho menos frecuentes que con otro tipo de contrastes ⁸⁸.

En cuanto a las contraindicaciones, no se deben utilizar este tipo de contrastes en pacientes con alergias previas o con problemas de sobrecarga de volumen (como pacientes cardiopatas) ^{88,89}.

El contraste ecográfico se ha utilizado comúnmente administrado por vía endovenosa para la valoración de lesiones en diferentes órganos (lesiones focales hepáticas, renales, mamarias, pancreáticas, prostáticas o esplénicas), para la medición del grado de actividad inflamatoria en enfermedad intestinal (colitis ulcerosa, diverticulitis, EC), en el estudio de adenopatías de características atípicas, valoración de vascularización de la sinovial para monitorización de respuesta al tratamiento en artritis o en lesiones ginecológicas tipo miomas o tumores ováricos ^{83,89,90}.

La utilización de SonoVue® intracavitaria se ha utilizado para valoración de histerosonografía en la valoración de permeabilidad tubárica o malformaciones del útero ⁹¹.

Recientemente, autores asiáticos han infiltrado contraste ecográfico intraarticular para valorar signos de capsulitis adhesiva en la articulación GH, mediante la dilución de 1ml de sonoVue® con suero fisiológico, obteniendo resultados satisfactorios ⁹².

La visualización de la aguja en el espacio articular o la repleción de la articulación por US/fluoroscopia, no es tan sencilla en pacientes con articulaciones profundas, artrósicas, en pacientes obesos o con mala ventana acústica. La adición de contraste ecográfico podría ser de utilidad en estos casos. Por último, se desconoce si el uso de contraste en la articulación glenohumeral podría ayudar al diagnóstico ecográfico para la valoración de estructuras capsulolabiales.

PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

Una de las mayores dificultades que tienen los radiólogos cuando realizan artro-RM e inyectan Gd diluido intraarticular, es la comprobación de si la cantidad de solución infiltrada es suficiente para lograr una adecuada distensión capsular y la posterior visualización correcta de estructuras articulares en las imágenes de artro-RM.

Generalmente cuando infiltramos Gd diluido intraarticular, bien por fluoroscopia o guiado por ecografía, aparte de apreciar en numerosas ocasiones la aguja utilizada dentro de la articulación, se observa presión negativa intraarticular que facilita la infiltración sin esfuerzo. Esta ausencia de resistencia desaparece progresivamente con el llenado intraarticular y tenemos dificultad para seguir infiltrando. Aunque en la literatura numerosos autores coinciden en que la cantidad de contraste que hay que introducir para la realización de una artro-RM de hombro oscila entre 12 y 16 ml, no existe descrita ninguna medida objetiva de la repleción de estructuras articulares que nos indiquen una correcta distensión de la capsula para un correcto diagnóstico en artro-RM.

Por otro lado, en ocasiones, la visualización de la aguja en el espacio articular o la repleción de la articulación por US/fluoroscopia, no es tan sencilla en pacientes con articulaciones profundas, artrósicas o en pacientes obsesos o con mala ventana acústica.

HIPÓTESIS

El abordaje posterior ecoguiado mediolateral podría ser una técnica segura y eficaz para la infiltración de contraste intraarticular en el hombro.

La visualización del receso humeral posteroinferior (RHPI) durante la infiltración articular de contraste para la realización de artro-RM de hombro podría ser una medida útil que indique una adecuada distensión capsular.

La administración de contraste ecográfico a la solución habitual de Gd diluido y yodo en la articulación de hombro no produce artefactos y puede ayudar en casos difíciles.

OBJETIVOS DE TRABAJO

1. Describir la técnica de artrosonografía mediante abordaje posterior en sentido mediolateral.
2. Describir el receso humeral posteroinferior (RHPI) como una marca anatómica que monitoriza el llenado articular en US, y evaluar la medida de su distensión que se relaciona con un estudio óptimo de artro-RM.
3. Describir y evaluar la técnica de triple contraste: US, TC y RM.

CAPITULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

1. PACIENTES

El presente estudio no precisó aprobación por el Comité de Ética, ya que el procedimiento diagnóstico realizado está sistemáticamente protocolizado en el Servicio de Radiodiagnóstico del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca. Los pacientes fueron informados del estudio, todo ello regulado por la ley 41/2002, del 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica. La cual además en su artículo 8.2 expresa que se presentará por escrito, debido al procedimiento invasivo de la técnica. En todos los casos se recogió y guardó el consentimiento informado.

La duración de este estudio prospectivo fue de aprox. 3 años (desde enero de 2017 a febrero de 2020). Se incluyeron de forma consecutiva pacientes con solicitud de artro-RM por sospecha de micro/macroinestabilidad de hombro, procedentes de los servicios de traumatología y ortopedia, rehabilitación o reumatología de los diferentes hospitales de la Región de Murcia.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN:

- Cirugía previa de la articulación del hombro.
- Paso a del contraste a la bursa subacromiosubdeltoidea (habitualmente por rotura tendinosa de espesor completo del manguito rotador).
- Extravasación de contraste significativa: a través del receso axilar, sugestivo de rotura de la banda anterior o posterior del LGHI; o en la capsula posterior, por dificultad en la técnica (figura 8).



Figura 8. Paciente admitido en estudio, pero excluido por extravasación significativa de contraste en la capsula posterior (por dificultad en la técnica). Plano axial de Artro-RM, potenciada en T1 con supresión grasa, donde se observa extravasación de contraste (flecha) en fibras del infraespinoso (I) y bursa subdeltoidea.

Los pacientes se dividieron en dos grupos mediante randomización simple (tabla de números randomizada):

- **Grupo A:** solución intraarticular sin contraste ecográfico.
- **Grupo B:** pacientes en los que se les administró contraste ecográfico (SonoVue®) a la solución intraarticular.

Siguiendo nuestro protocolo habitual, a los pacientes que presentaron antecedentes de luxación se le añadió yodo a la solución, para realización de artro-TC además de artro-RM, con el fin de evaluar lesiones óseas con detalle (Hill-Sachs y/o Bankart óseo). A los pacientes sin este antecedente, no se administró yodo a la solución intrarticular, por lo que no se realizó artro-TC. De esta forma se obtuvieron finalmente 4

subgrupos:

-Sin antecedentes de luxación (Arthro-RM): **A1** (sin CEUS) y **B1** (con CEUS).

-Con antecedente de luxación (Arthro-TC y Arthro-RM): **A2** (sin CEUS) y **B2** (con CEUS).

2. PROCEDIMIENTOS

2.1. TIPOS DE SOLUCIONES UTILIZADAS

En todos los procedimientos se utilizaron 2-3 jeringas de 10 ml con boquilla tipo rosca (Luer Lock). En la primera jeringa se utilizaron 4 tipos de soluciones en función del subgrupo escogido:

-**Solución 1 (grupo A1):** solución de Gd (dimeglumina gadopentetate, Magnevist, Schering, Berlin, Alemania; 469 mg / ml) diluido al 1% (osmolaridad de 2,5 mmol). Se mezclaron 1.5 ml de Gd y 10 ml de mepivacaína (2%) en un frasco de 100 ml de suero fisiológico.

-**Solución 2 (grupo A2):** 6 ml de solución 1 + 4 ml de contraste yodado (Omnipaque 300, GE Healthcare Ireland, Cork, Irlanda).

- **Solución 3 (grupo B1):** 9 ml de solución 1 + 1 ml de CEUS (SonoVue®, Rovi, Madrid, España).

- **Solución 4 (grupo B2):** 5 ml de solución 1+ 4ml de contraste yodado + 1 ml de CEUS.

La segunda o tercera jeringa sólo se rellenó con la solución 1.

2.2 ARTROSONONOGRAFÍA (ARTRO-SG)

Todos los procedimientos fueron realizados por un radiólogo con más de 5 años de experiencia en la técnica, acompañado de un enfermero. Tras explicar el procedimiento al paciente, así como posibles efectos adversos, y obtener el consentimiento informado, el paciente fue colocado en una camilla en posición decúbito prono con el brazo a estudiar flexionado y en rotación interna (agarrándose con la mano el hombro contralateral). Se colocó una almohada debajo del hombro a estudiar para elevarlo, permitiendo una mejor visualización ecográfica y mayor comodidad del paciente (figura 9).



Figura 9. Fotografía en la que se observa la colocación del paciente en decúbito prono con el brazo a estudiar cogiéndose el brazo contralateral y apoyado sobre la camilla. Para mayor comodidad del paciente, se situó una almohada debajo del hombro.

Para la exploración ecográfica se utilizó un equipo S2000 (Siemens HealthCare, Enlargen, Alemania) con transductor lineal de 9-15 MHz. Para introducir el contraste en la articulación glenoumeral se utilizó una aguja espinal de calibre 20 G y 8,8 cm de longitud.

El paciente y la unidad de ultrasonidos se posicionaron de modo que el radiólogo

que sostenía el transductor estaba junto al hombro del paciente, y al otro lado la mesa con un paño estéril y el material necesario. Se colocó el transductor lineal sobre la articulación glenohumeral, con la sonda paralela a la espina de la escápula, apreciando la unión miotendinosa del músculo infraespinoso en su eje longitudinal, el borde glenoideo posterior, el labrum posterosuperior y la región posteromedial de la cabeza humeral (figura 10).

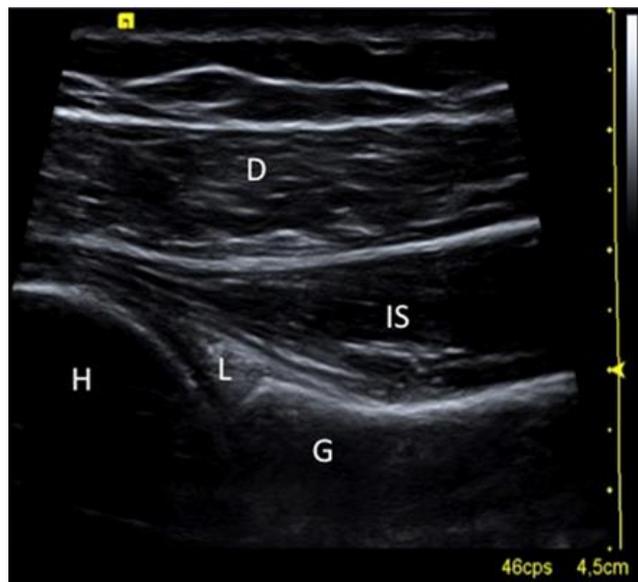


Figura 10. Corte axial-oblicuo en US de la articulación gleno-humeral donde se localizan la cabeza humeral (H), la cavidad glenoidea (G), el labrum (L), el músculo infraespinoso (IS) y el deltoides (D).

La piel se limpió con betadine. El transductor se cubrió con un guante estéril y se utilizó gel estéril. Se aplicó en la piel crioadestésico (cloretilo chemirosa, ERN S.A, Barcelona, España), tras lo cual se puncionó inmediatamente con aguja intramuscular y se infiltraron 8 ml de anestésico (mepivacaina 2%) mezclado con 2 ml de bicarbonato sódico para anestesiarse de forma local "en retirada" el vientre muscular del infraespinoso, el deltoides, el tejido subcutáneo y la piel, y confirmar un buen trayecto de la aguja previo a la punción articular. Se realizó una aspiración suave para comprobar la ausencia de estructuras vasculares en cada plano.

Después de la anestesia local y la asepsia de la piel, la aguja espinal (8,8 cm y 20 G) se insertó, de medial a lateral, oblicuamente desde la marca de la piel (producida por la inyección previa de anestésico local) hasta el cartilago articular de la cabeza humeral en la región posteroinferior de la articulación, con cuidado de no puncionar el labrum posterior, monitorizando la dirección de la aguja en sentido longitudinal mediante el transductor (figura 11).

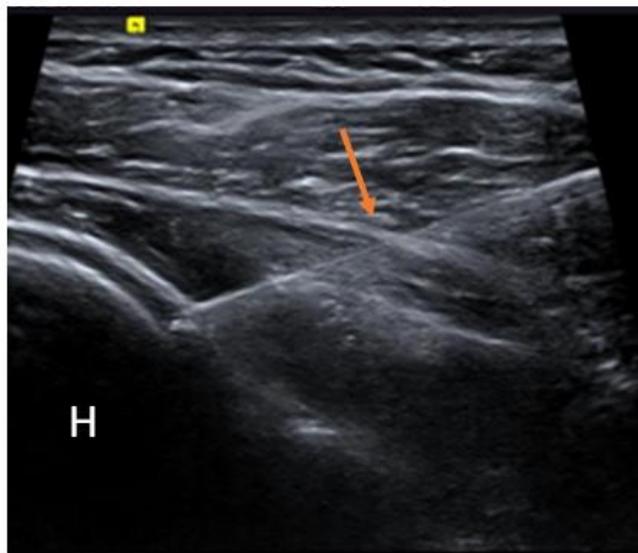


Figura 11. Abordaje posterior mediolateral. Imagen de US de las estructuras visualizadas en el abordaje posterior ecográfico y trayectoria de la aguja (flecha) hasta contactar con la cabeza humeral (H).

Posteriormente, tras retirar el fiador de la aguja espinal, se conectó la primera jeringa (rellenada con una de los 4 tipos de soluciones) y el radiólogo utilizó una mano para sujetar aguja y otra la jeringuilla (para asegurar la introducción intraarticular sin presión). El transductor lo colocó el radiólogo en el receso axilar y lo sujetó el enfermero, para visualizar la distensión articular a tiempo real. La orientación del transductor desde el plano oblicuo utilizado para colocar la aguja intraarticularmente (paralelo a la espina de la escápula) a un plano transversal puro respecto al eje largo del cuerpo para buscar el

receso axilar, hace que haya que aumentar la profundidad del campo de US. El receso axilar lo visualizamos a unos 2 cm caudal al plano oblicuo descrito anteriormente, entre el cuello quirúrgico del húmero y la región inferior de la glenoides, y es el primer lugar que monitorizamos cuando empezamos a realizar la infiltración intraarticular del hombro, ya que es en esta localización donde primero se acumula el líquido y se empieza a distender la articulación GH. Una vez que apreciamos la introducción de contraste en el receso axilar (hecho que ocurrió desde los primeros mililitros tras comenzar el procedimiento) y éste adopta una morfología "en cuña", nos dirigimos con la sonda ecográfica cranealmente hasta que comienza la transición cuello-cabeza humeral, en la que se observa la distensión del receso humeral posteroinferior (RHPI), adoptando una morfología que denominamos "en pico de tucán" (figura 12).

En el grupo B de pacientes (a los que se les había administrado SonoVue® intraarticular), se utilizó para la infiltración el modo mixto del ecógrafo (modo B + modo contraste), observando el contraste hiperecoico; pero al terminar la infiltración se midió la distensión del RHPI sólo en modo B. En el grupo A (pacientes sin contraste ecográfico), se observó la solución anecoica en modo B al distender el receso axilar y el RHPI.

Una vez inyectada toda la solución de la primera jeringa, colocamos la segunda enroscada a la aguja e introducimos el contraste hasta notar una mayor presión necesaria para la infiltración articular y apreciar el llenado del RHPI. En caso de precisar más de 20 ml, se usó una tercera jeringa.

Tras finalizar la infiltración, se midió en sentido anteroposterior la distancia desde la cabeza humeral a la cápsula articular del RHPI.

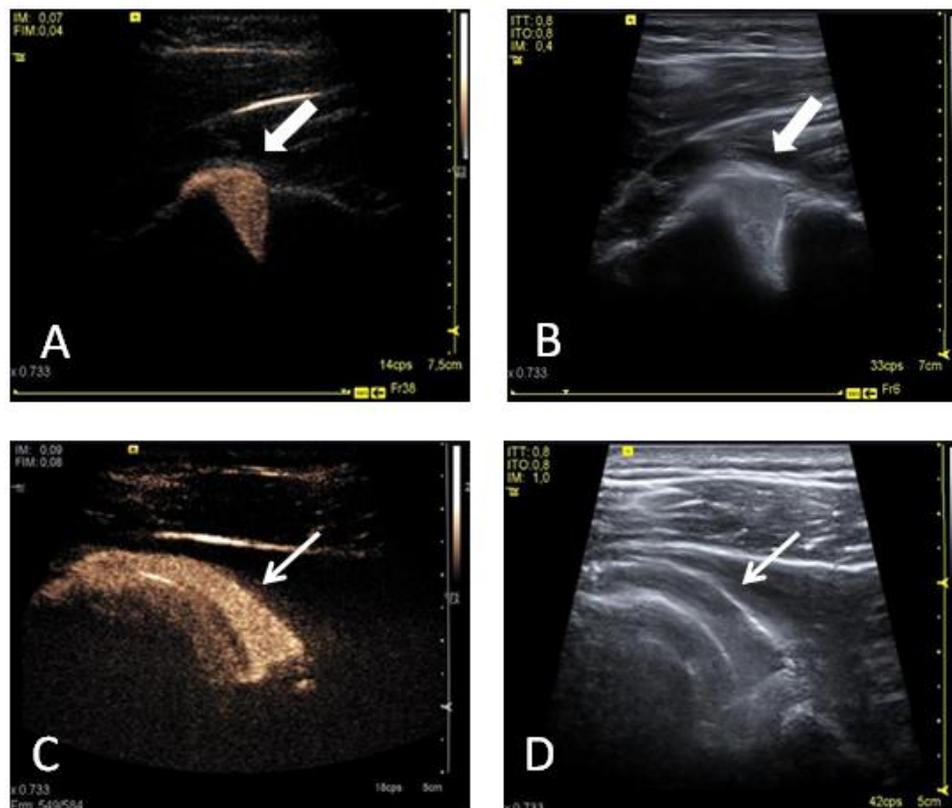


Figura 12. Monitorización de la distensión articular en artro-SG de solución con CEUS. Imágenes ecográficas del receso axilar en modo contraste (A) y modo B (B) e imagen ecográfica del RHPI en modo contraste (C) y modo B (D). La flecha gruesa señala el receso axilar distendido con morfología "en cuña", y la flecha fina la distensión del RHPI con morfología "en pico de tucán".

Después de completarse el procedimiento de inyección, se limpió la piel y se colocó un apósito sobre el sitio de entrada de la aguja. Los pacientes permanecieron sentados durante varios minutos para comprobar la ausencia de reacciones adversas inmediatas.

Tras finalizar la técnica, se indicó que evitaran actividad con el hombro inyectado al menos durante 24 horas y que si presentaban incremento de la sintomatología habitual o signos de infección (enrojecimiento cutáneo, dolor, dificultad de movilidad, fiebre o malestar), acudieran al servicio de radiología del hospital para valoración de posibles efectos adversos derivados de la infiltración.

Los pacientes del grupo B (solución con CEUS) fueron avisados a las 48 horas de la prueba para la realización de una ecografía de control.

2.3. ARTRO-TC

A los pacientes del grupo A2 y B2 (cuya dilución contenía yodo), se les realizó artro-TC previamente a la artro-RM (figura 13).

Se utilizó una TC de 128 cortes modelo Revolution de la marca General Electric (Boston, EEUU), a través de un FOV centrado en hombro izquierdo de 150 mm., con imágenes sectoriales de 0,626 mm de grosor y un factor de desplazamiento del corte (Pitch) de 1. Se hicieron reconstrucciones en partes blandas y ósea.

Las imágenes se evaluaron en una estación de trabajo de archivo de imágenes clínicas PACS y sistema de procesamiento Syngo. Via (versión 2.0, Siemens, Alemania), por dos radiólogos con al menos 5 años de experiencia.

2.4. ARTRO-RM

Después de la realización de la infiltración intraarticular del contraste, se realizó la artro-RM a todos los pacientes (figura 13). Se utilizó una bobina de extremidad con un equipo de 1,5 teslas (T) modelo Achieva (Phillips, Alemania), mediante secuencias potenciadas en T1 con supresión de la grasa, en todos los planos (sagital, axial y coronal) y secuencia axial potenciada en T1 sin supresión de la grasa. El tiempo de repetición (TR) osciló entre 450 a 591 mseg, mientras que el tiempo de eco (TE) fue de 13 milisegundos (ms). Se añadió una secuencia potenciada en T2 con supresión grasa en plano coronal, con TR de 4100-4500 ms y TE de 53 ms. Las imágenes se obtuvieron

utilizando una matriz de 256×208 - 256 píxeles, un grosor de sección de corte de 3 mm y un ancho de banda de 130 kHz.

Las imágenes se evaluaron en una estación de trabajo de archivo de imágenes clínicas (PACS) y sistema de procesamiento Syngo. Via (versión 2.0, Siemens, Alemania), por dos radiólogos con al menos 5 años de experiencia.

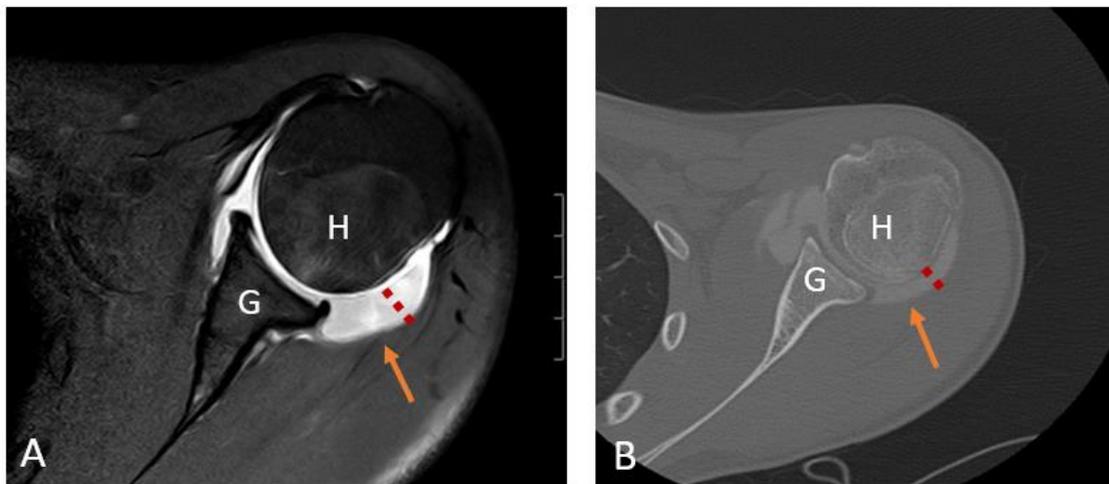


Figura 13. Plano axial de resonancia magnética, potenciada en T1 supresión grasa (A) y de arthro-TC (B), donde se mide el RHPI (flecha). La medida del receso viene indicada por la línea de puntos roja. La letra H representa la cabeza humeral y la G la glenoides.

3. RECOGIDA DE DATOS

Todas las variables fueron recogidas por el coordinador del estudio (A.L.S), el cual realizó además la mayoría de procedimientos. Se recogieron datos clinicodemográficos: edad, sexo, índice de masa corporal (IMC) y si existía antecedentes de luxación de hombro.

Respecto a las variables del procedimiento de arthro-SG, se registró el tipo de solución de contraste y el grupo del paciente (A1, A2, B1 o B2), así como la cantidad

total de contraste infiltrado (ml), distensión del RHPI (cm), y el nivel de dolor referido por el paciente mediante la escala visual analógica (EVA: 0-10).

Se realizó un estudio de acuerdo interobservador con 2 radiólogos con más de 5 años de experiencia en artro-RM (B.T.S y J.B.M), para evaluar la reproducibilidad de la medida del RHPI (cm) en la secuencia T1 axial de artro-RM de cada caso (figura 13), estando los radiólogos cegados entre ambos y con la medida obtenida del RHPI en US.

Además, se registró en los hallazgos de Artro-TC y Artro-RM si existía lesión de HS y/o lesiones del labrum (Bankart y variantes o SLAP). Mediante consenso entre 3 radiólogos (A.L.S, B.T.S y J.B.M) se clasificó de forma cualitativa en 3 tipos el nivel de distensión articular en las imágenes axiales de la artro-RM:

1. Distensión insuficiente: escasa distensión articular en receso anterior, con poca separación entre cápsula/superficie interna de subescapular y labrum/esquina anterior glenoidea (figura 14).

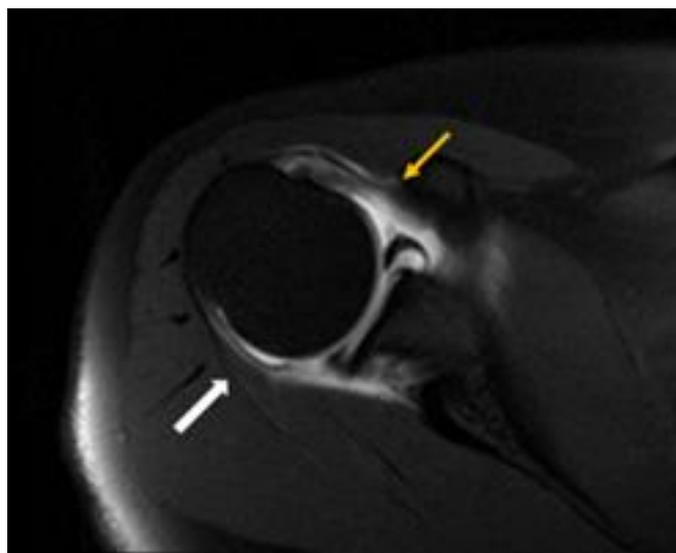


Figura 14. Plano axial de resonancia magnética, potenciada en T1 con supresión grasa donde se aprecia el RHPI colapsado (flecha blanca gruesa) y escasa cantidad de contraste en el receso anterior (flecha amarilla), por distensión capsular insuficiente.

2. Distensión óptima: adecuada separación entre cápsula y labrum en el receso anterior, que permite evaluar anomalías de labrum y LGHs con precisión (figura 15).

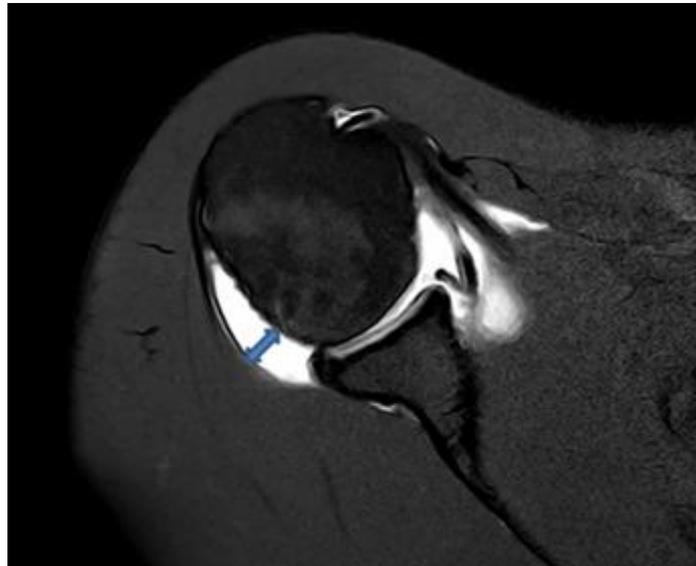


Figura 15. Plano axial de resonancia magnética, potenciada en T1 con supresión grasa en paciente con distensión capsular óptima. La flecha doble indica el RHPI.

2. Distensión excesiva: extravasación de contraste por el receso anterior/subcoracoideo por rotura capsular en casos con excesiva cantidad de contraste, de forma que en algunos casos se aprecia una distensión capsular insuficiente por la pérdida extraarticular del contraste (figura 16).

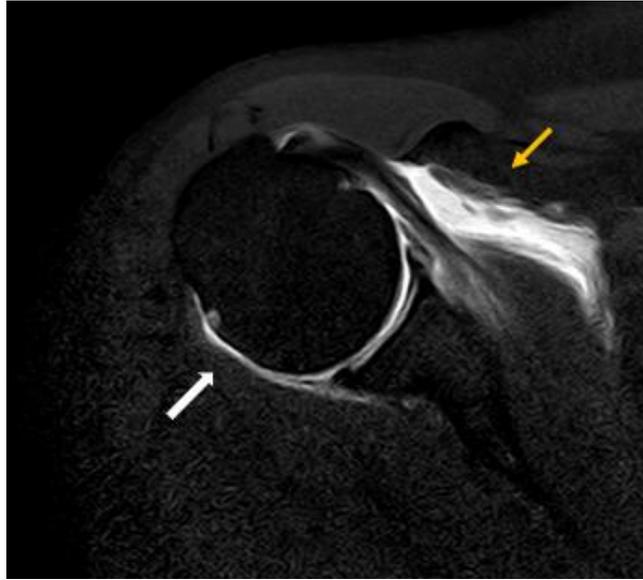


Figura 16. Plano axial de resonancia magnética, potenciada en T1 con supresión grasa donde se aprecia el RHPI colapsado (flecha gruesa) y fuga capsular anterior (flecha fina amarilla) secundario a distensión capsular excesiva.

En los pacientes del grupo B a los que se administró CEUS, para evaluar posibles artefactos del contraste ecográfico en las imágenes de artro-TC y artro-RM, se registró si se detectaron microburbujas o anomalías en la densidad (TC) o intensidad de señal (RM) del contraste. Además, en la evaluación de ecografía a las 48 horas, se anotó si el paciente tuvo dolor u otras reacciones adversas, y mediante ecografía se determinó si aún se visualizaba contraste o líquido intraarticular.

4. ANALISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete de cálculo SPSS Statistics for Windows, versión 19.0 (Chicago: SPSS Inc).

Se realizó un análisis descriptivo de todas las variables para determinar la distribución de las frecuencias y se calcularon los parámetros de las variables cuantitativas (media, desviación estándar, valor mínimo y máximo). Las variables cualitativas se describieron mediante frecuencias absolutas y porcentaje.

Para el estudio de las correlaciones de las variables de cantidad de contraste administrado, distensión articular, medida del RHPI en US, medida del RHPI en artro-RM en el observador 1 y 2, así como edad e IMC, se usó el test de correlación de Pearson.

Se utilizó el test de ANOVA para la valoración de la medida del RHPI en US y para correlacionar la cantidad de contraste infiltrado y la distensión articular (insuficiente, óptima o excesiva).

El coeficiente de correlación intraclase de la medida del RHPI en artro-RM entre ambos observadores se realizó mediante la Alfa de Cronbach.

Por último, en lo que respecta a la valoración de la medida apreciada en US y en artro-RM del RHPI y su correlación con la distensión articular (insuficiente, óptima o excesiva), se usó la prueba de T de Student para muestras independientes.

Se consideró estadísticamente significativa una $p < 0,05$.

CAPITULO III

RESULTADOS

1. RESULTADOS GENERALES

Se admitieron un total de 107 pacientes remitidos para realizar artro-RM de hombro por inestabilidad/microinestabilidad glenohumeral, de los cuales se excluyeron 49 casos debido a cirugía previa de hombro (n=26), paso del contraste a la bursa SASD por rotura del manguito (n=13), extravasación posterior evidente (n=6) y presencia de capsulitis adhesiva (n=4).

Se incluyeron un total de 58 pacientes en el estudio, que se dividieron en 2 grupos de forma randomizada.

El grupo A (sin CEUS) se dividió en 2 subgrupos en función del antecedente de luxación: A1 (sin antecedente, solución con Gd diluido, se realizó artro-RM) y A2 (antecedente de luxación, solución con doble contraste para realización de Artro-RM+artro-TC).

El grupo B (con CEUS) se dividió al igual que el grupo A en 2 subgrupos: B1 (sin antecedente, solución con doble contraste, se realizó artro-RM) y B2 (antecedente de luxación, solución con triple contraste, se realizó artro-RM y artro-TC) (figura 17).

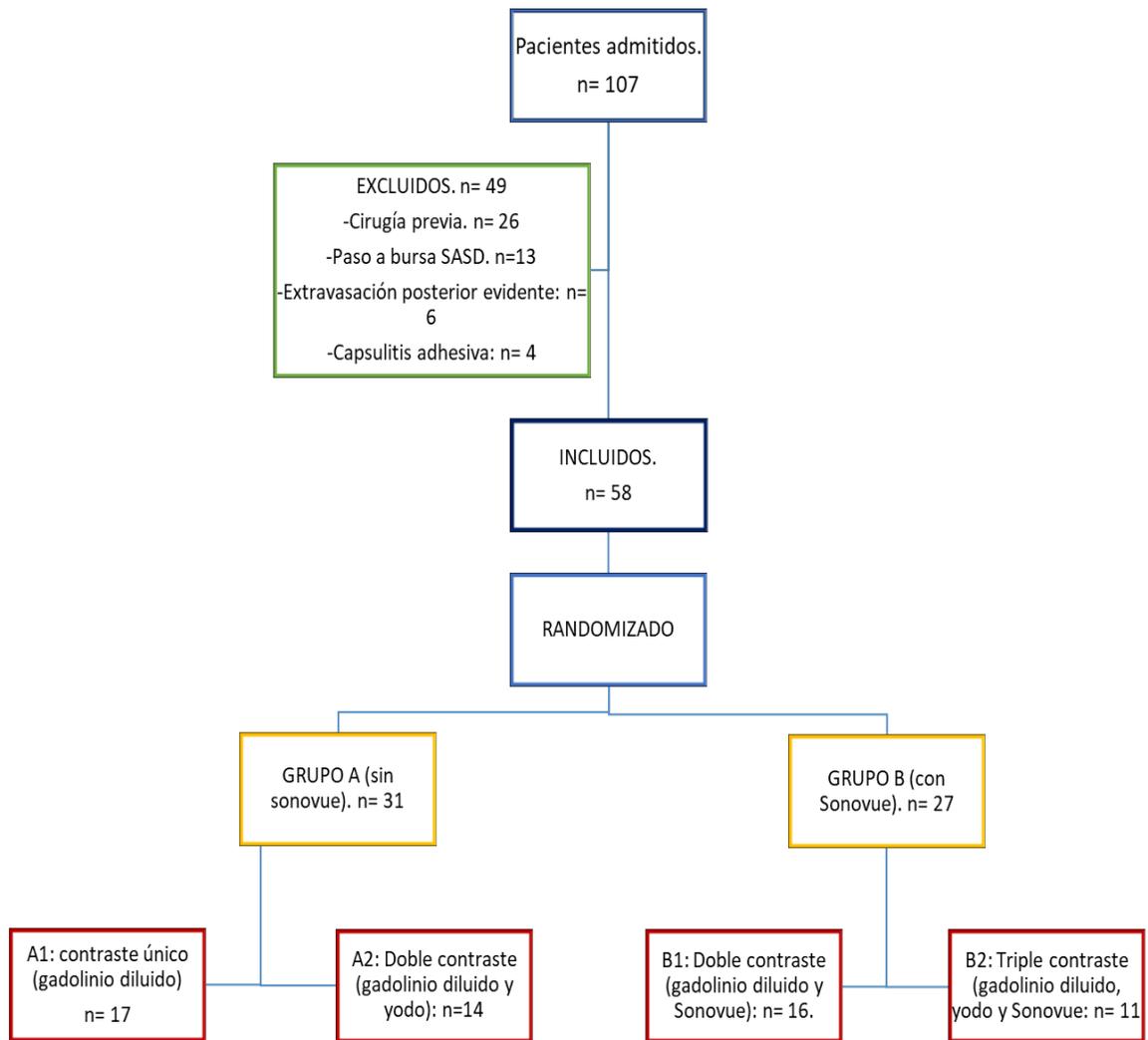


figura 17. Diagrama de flujo de pacientes.

Los datos descriptivos de las variables cuantitativas recogidas se expresan en Tabla 1.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Edad	58	18	60	35,57	12,991
IMC	58	18,90	31,20	25,7828	3,11635
Cantidad_contraste	58	12,00	21,00	16,5172	2,44405
Eco_distensión_receso_posterior_inferior	58	,19	,77	,4503	,13737
RM_distensión_receso_inferior_OBSV1	58	,21	,75	,4756	,11425
RM_distensión_receso_inferior_OBSV2	58	,23	,70	,4736	,11424
N válido (según lista)	58				

Tabla 1. Resultados generales.

De los 58 pacientes, 34 fueron varones (58,6%) y 24 mujeres (41,4%) (figura 18).



Figura 18. Diagrama de sectores de la distribución de los pacientes según sexo.

En los hallazgos de artro-RM/artro-TC no se detectó lesión de HS en 42 de los 58 pacientes (72,4%), frente a 16 pacientes (27,6%) con presencia de lesión de HS.

El labrum se visualizó normal en las imágenes de artro-RM en 21 pacientes (36,2 %),

se detectó lesión de SLAP en 16 casos (27,6%) y lesión de Bankart (o variante) en 21 pacientes (36,2%) (figura 19).

33 pacientes no refirieron antecedente de luxación glenohumeral (56,9%), frente a 25 pacientes que si presentaron episodio de luxación previa (43,1%). De los pacientes con antecedentes de luxación (n=25), 16 (64 %) presentaron lesión de HS en artro-TC, y en artro-RM se detectó en 21 de ellos (84%) lesión de Bankart o cualquiera de sus variantes, 1 lesión de SLAP (4%) y en 3 de sujetos de este grupo (12%) el labrum fue informado como normal o mostró alguna variante anatómica. Por otro lado, en los pacientes remitidos por microinestabilidad (n=33), se observó lesión de SLAP en 15 de los 33 pacientes (45,5%) y en el resto, 18 pacientes (54,5%), el rodete fue normal en el estudio de artro-RM (o presentaba variantes anatómicas).

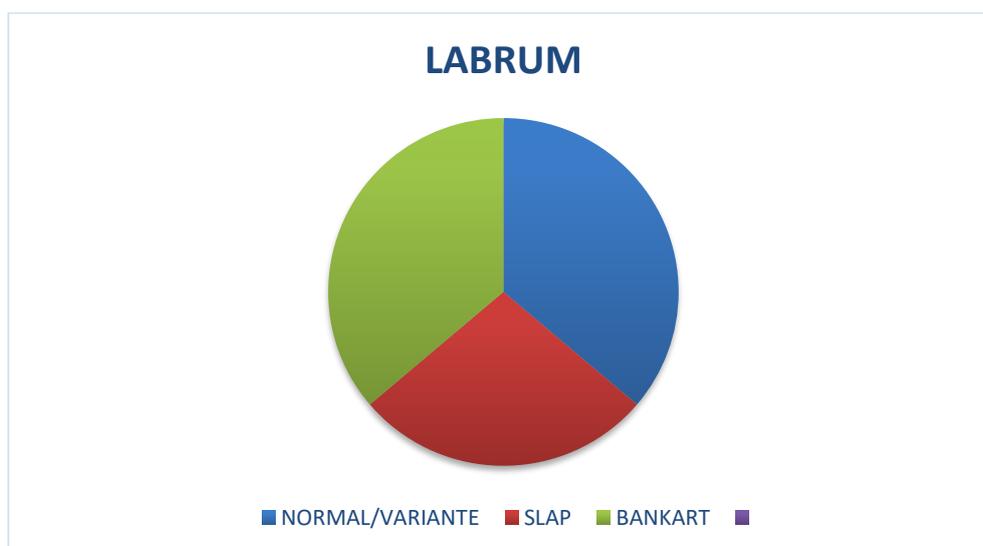


Figura 19. Diagrama de sectores de los tipos de labrum apreciados.

En cuanto a la distensión articular en artro-RM, obtuvimos 3 grupos (figura 20):

- Distensión insuficiente: 8 pacientes (13,8%).
- Distensión óptima: 33 pacientes (56,9%).

- Distensión excesiva: 17 pacientes (29,3%).

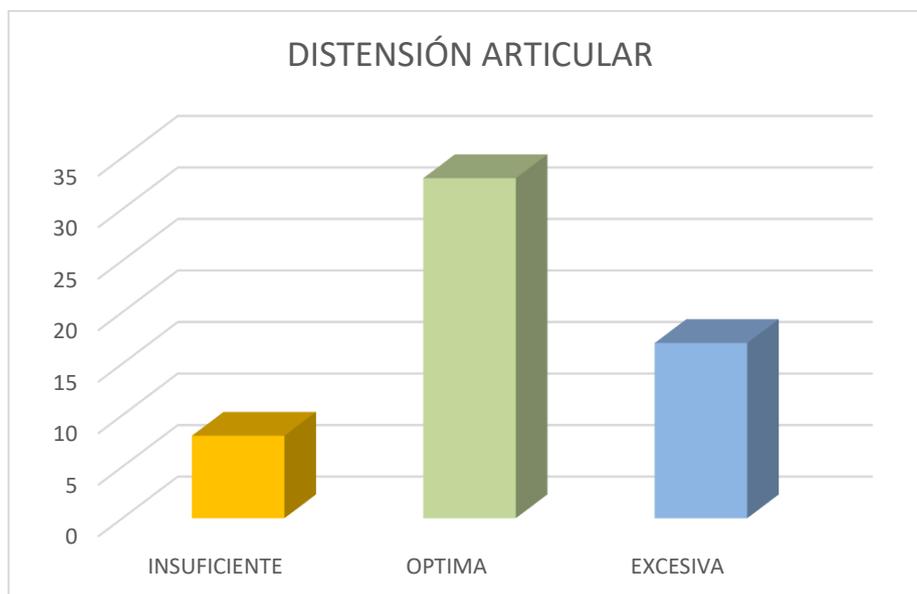


Figura 20. Diagrama de barras en la que se representa el numero de pacientes según la distensión articular visualizada en artro-RM.

El nivel de dolor referido por los pacientes durante la artro-SG fue leve o moderado. 16 pacientes indicaron una puntuación en la EVA de 1, 25 pacientes una puntuación de 2, y 17 pacientes un valor de 3 en la EVA.

En los 27 sujetos en los que se administró la solución que contenía CEUS, (solución B.1 o B.2), no se observaron microburbujas en el estudio de artro-TC ni de artro-RM. A este grupo de pacientes se les realizó una ecografía de control a las 48 horas, en la que no se visualizó líquido articular ni restos de CEUS. Las molestias ocasionadas durante el procedimiento se resolvieron completamente en todos los casos, y no se detectaron reacciones adversas.

2. ANÁLISIS DE LA MEDIDA ECOGRÁFICA DEL RHPI

En cuanto a la cantidad de contraste, se apreció correlación muy elevada con la medida del RHPI en ecografía ($r=0,86$), y correlación positiva, aunque en menor medida, con la medida del RHPI en artro-RM medido por ambos observadores ($r=0,39$ y $0,36$ para cada radiólogo). No se apreció correlación con el IMC ni con la edad.

La medida del RHPI en US, obtuvo correlación positiva elevada con la distensión en artro-RM por los dos radiólogos ($r =0,52$ y $0,47$ para cada uno de ellos) y en menor medida con el IMC ($r=0,37$).

De los 58 pacientes que participaron en el estudio, se obtuvo una medición media del RHPI mediante US de $0,45 \pm 0,137$ (DT) cm (rango: 0,19-0,77 cm). La media de la cantidad de contraste infiltrada en la articulación glenohumeral fue de $16,51 \pm 2,4$ (DT) ml (rango: 12-21 ml). Los pacientes se dividieron en tres grupos según la distensión articular apreciada en las imágenes de artro-RM fuera insuficiente, óptima, o excesiva (figuras 21 y 22):

- 8 pacientes tuvieron una distensión del receso posterior en ecografía insuficiente, con una medida del RHPI en US de $0,23 \pm 0,1$ (DT) cm (rango: 0,19-0,26 cm). A estos pacientes se les administró una media de $12,87 \pm 0,83$ (DT) ml (rango: 12-14 ml).
- 33 pacientes obtuvieron una distensión óptima del receso posterior en las imágenes de artro-RM. En estos pacientes, la media del receso fue de $0,41 \pm 0,05$ (DT) cm (rango: 0,33-0,49 cm). La cantidad de contraste media en este grupo fue de $15,97 \pm 1,38$ (DT) ml (rango 14-18 ml).
- En 17 pacientes se evidenció distensión articular excesiva. En este grupo, la media de la distensión ecográfica del receso fue de $0,63 \pm 0,06$ (DT) cm (rango: 0,55-0,77 cm). A estos pacientes se le administró una media de $19,3 \pm 1,31$ (DT) ml (rango 16-21 ml).

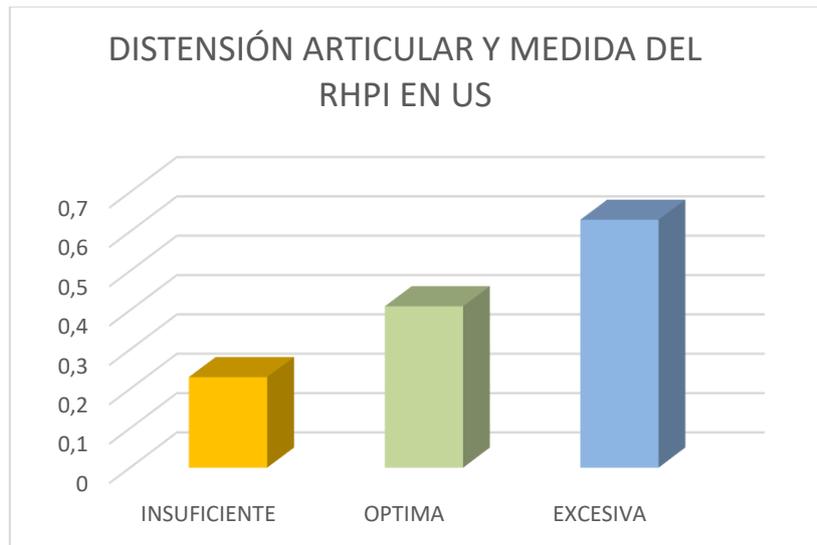


Figura 21. Diagrama de barras en la que se representa la distensión articular apreciada en artro-RM y la medida del RHPI en US (cm)

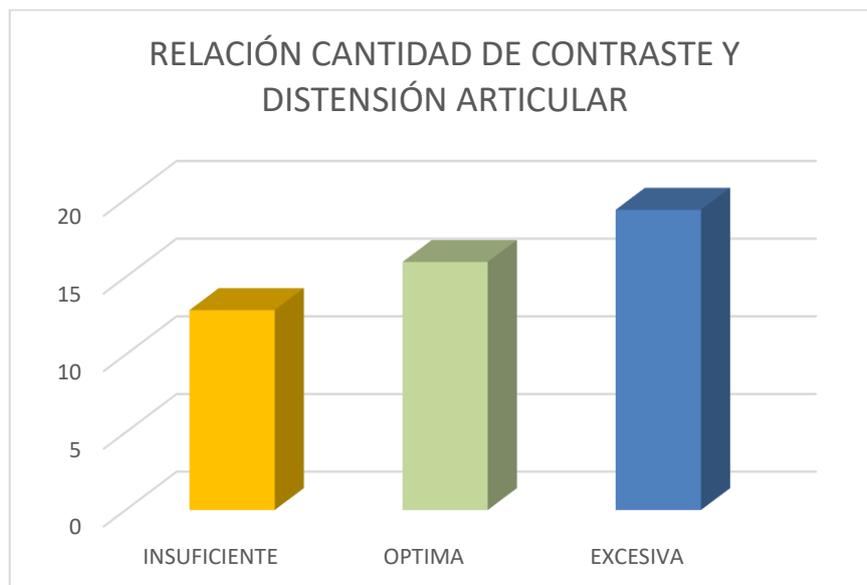


Figura 22. Diagrama de barras en la que se representa la cantidad de contraste (ml) y la distensión articular apreciada en artro-RM.

3. EVALUACIÓN DE LA MEDIDA DEL RHPI EN ARTRO-RM

La correlación entre los dos observadores de la medida del RHPI en artro-RM (Alfa

de Cronbach) fue prácticamente perfecta, con un coeficiente de correlación $r=0,98$.

De los 58 pacientes participantes en el estudio, 17 presentaron distensión excesiva con fuga capsular. Ambos observadores apreciaron un valor medio del RHPI en US en los 41 pacientes con distensión articular insuficiente y óptima de $0,38 \pm 0,9$ (DT) cm, y al medir el RHPI en las imágenes de artro-RM, la medida fue levemente mayor, con una media de $0,46 \pm 0,1$ (DT) cm. Por otro lado, apreciaron una medida media del RHPI en US en los 17 pacientes con distensión articular excesiva de $0,62 \pm 0,06$ (DT) cm, obteniendo valores medios del RHPI en artro-RM levemente menores, con una media de $0,51 \pm 0,14$ (DT) (figura 23). Todos los resultados fueron estadísticamente significativos ($p<0,001$).

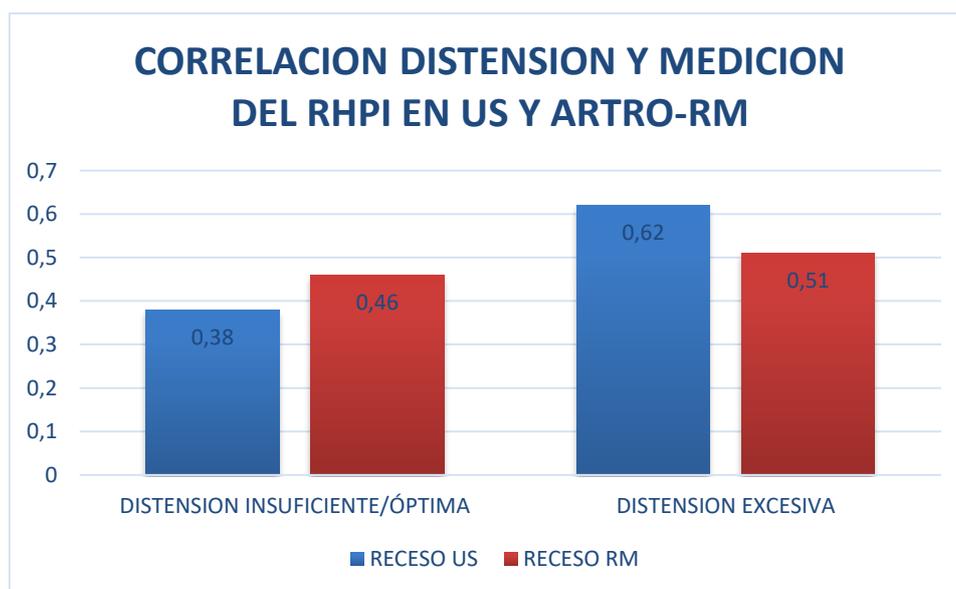


Figura 23. Relación entre la medida media del RHPI (cm) en US y artro-RM, con la distensión articular apreciada en artro-RM. Se han dividido 2 grupos en distensión insuficiente/optima ($n=41$), en los que se observa mayor distensión del RHPI en artro-RM, y en distensión excesiva ($n=17$), en los que la distensión del RHPI es menor en artro-RM respecto US, por la extravasación del contraste debido a rotura capsular al introducir una cantidad excesiva de solución.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

LIMITACIONES

CONCLUSIONES

DISCUSIÓN

Existen artículos que valoran el papel de la artro-RM indirecta, como Vahlensieck que indica que tiene similar sensibilidad que la artro-RM mediante punción directa si se realiza tras ejercicio físico ⁵⁴. No obstante, la cantidad de líquido que se encuentra en la articulación al final del proceso, es variable, y en ocasiones no suficiente para un correcto diagnóstico de la patología intraarticular. Además, existe realce de estructuras articulares tras la administración del contraste IV como bursas, vainas tendinosas y vasos ^{59,60}.

En comparación con la artrografía por MR directa, la cantidad de contraste inyectado en la artrografía por MR indirecta es mayor, lo que resulta en mayor coste de la prueba. El riesgo de efectos secundarios debido al Gd administrado por vía intravenosa es potencialmente mayor que el de la administración intraarticular. Dae Kun, que indica una sensibilidad y especificidad similar entre las técnicas de artro-Rm magnética directa e indirecta para la detección de roturas labrales. La mayoría de los trabajos concluyen que la artro-RM indirecta es superior a la RM convencional para la valoración de estructuras intraarticulares en el hombro y otras localizaciones, aunque presenta menor sensibilidad y especificidad si la comparamos con la artro-RM realizada mediante punción directa ^{60,61}.

La artro-RM directa puede realizarse por diferentes técnicas de imagen (fluorocopia, ecografía, TC, RM) y sin técnicas de imagen. La guía fluoroscópica ha sido hasta hace muy poco tiempo la estándar para las inyecciones intraarticulares. En comparación con la fluoroscopia, la inyección de contraste intraarticular en el hombro guiada con US tiene más precisión en el posicionamiento de la aguja intraarticular, no emite radiación y permite la visualización directa de estructuras vasculares y nerviosas ^{67,70,72,73}.

A pesar de que la técnica anterior es la más utilizada en la fluoroscopia y en la ecografía el abordaje lateral, en los últimos años se está imponiendo el abordaje posterior ^{71,74,77-81}.

La ventaja del abordaje anterior es que la cabeza humeral está más superficial y requiere agujas de menor longitud que en el abordaje posterior, ya que la articulación se encuentra más profunda mediante este último acceso. Sin embargo, al acceder a la articulación por vía anterior a través del tendón subescapular, si se realiza mediante fluoroscopia se corre el riesgo de punción de biceps, coracoides, LGHs o estructuras del intervalo rotador, reducir el diagnóstico de las anomalías al puncionar e infiltrar las importantes estructuras capsuloligamentarias anteriores y poder falsear alteraciones. Redondo et al. abogan por el abordaje anterior debido a sus características rápidas, fáciles y más tolerables ⁷⁶. Otros autores como Vierola, o Gokalp recomiendan el uso del abordaje posterior ^{77,79-81}. Se han informado algunas complicaciones después de la infiltración mediante abordaje posterior, incluida la lesión de la arteria circunfleja humeral posterior y los nervios supraescapular y axilar. Casi todas las infiltraciones que utilizan el abordaje posterior ecoguiado, colocan la aguja a través del músculo infraespinoso transversalmente en una dirección oblicua que se extiende de lateral a medial, evitando las estructuras vasculonerviosas supraescapulares (al puncionar por debajo de la espina escapular) y con la gran ventaja de que no se atraviesan las estructuras capsuloligamentarias presentes en la región anterior ^{79,81}.

Este abordaje posterior ecoguiado descrito en la literatura, de lateral a medial, direcciona la punta de la aguja hacia la articulación GH donde se localiza el labrum posterior y la glenoides. Sin embargo, según nuestra experiencia, este abordaje no facilita la colocación intraarticular de la punta de la aguja ya que la concavidad de la glenoides es mucho menor que la convexidad de la cabeza humeral, y se puede producir punción del labrum posterior y en ocasiones no permite asegurar la posición intraarticular de la punta por el pequeño espacio articular junto la esquina posterior de la glena ⁷⁹⁻⁸¹. Nuestra técnica, utiliza un abordaje desde medial a lateral, lo que permite visualizar con detalle la punta de la aguja y puncionar el cartílago de la amplia cabeza humeral (donde existe más espacio que en la esquina glenoidea), de igual forma que se realiza en la artrografía de

cadera, donde se punciona cabeza femoral. Debido a que el paciente se encuentra en decúbito prono con el brazo flexionado y en rotación interna, el músculo infraespinoso se estira completamente y aumenta la separación entre la glenoides y la cabeza del húmero, hecho que permite la infiltración intraarticular, evitando puncionar el labrum posterior y la esquina glenoidea (principal problema de la punción lateromedial).

Por otra parte, mediante nuestro abordaje, al puncionar por debajo de la espina, la lesión de las estructuras en la escotadura supraescapular se evita. En el estudio actual, no se observó ninguna complicación asociada durante el procedimiento con las estructuras mencionadas, debido posiblemente a que únicamente se atraviesa deltoides, una pequeña proporción del vientre muscular del infraespinoso y el tejido celular subcutáneo, y a que como la inyección se realiza de medial a lateral, la escotadura supraescapular se localiza medial y más profunda respecto al trayecto de la aguja, así como por encima de la espina, evitando su punción.

El estudio de Catalano et al., mediante un abordaje posterior ecoguiado mostró extravasación a lo largo del músculo redondo menor e infraespinoso entre el 70 y 40%. Sin embargo, estas extravasaciones no mostraron relevancia en cuanto a la interpretación del estudio ⁶⁸.

La incidencia de extravasación intermuscular posterior en nuestro estudio es mucho menor a la descrita en otros abordajes, probablemente debido a la punción directa en la cabeza humeral y espacio articular (que se encuentra más distendido por la posición del paciente en decúbito prono con el brazo flexionado y en rotación interna), así como a la monitorización de la introducción de contraste en el receso axilar y el RHPI.

En nuestra técnica hemos evidenciado dolor leve-moderado, ya que todos los pacientes tuvieron una puntuación del dolor en la EVA de entre 1 a 4 (sobre 10). El hecho de infiltrar una pequeña cantidad de crioanestésico cutáneo, así como anestésico

subcutáneo y en el espesor del músculo infraespinoso, puede ser determinante para reducir el dolor de la infiltración. Aunque existen autores que previamente a la inyección de lidocaína o mepivacaína subcutánea colocan sobre la piel crema anestésica tipo EMLA, no es posible realizarla en la práctica habitual ya que se debe colocar 30 minutos antes de la punción, y con una cierta cantidad de crioanestésico cutáneo, suele ser suficiente para insensibilizar ligeramente la piel previa a la inyección ⁷⁶.

Los artículos publicados que evalúan la técnica de infiltración (ecografía o fluoroscopia) para realizar artro-RM de hombro no tienen una medida exacta de la cantidad de contraste a inyectar que indique una correcta distensión capsular ^{67-69,80,81}.. En general realizan infusión intraarticular de la solución hasta que notan cierta resistencia capsular, tanto como si la inyección se realiza mediante ecografía, fluoroscopia o TC. No obstante, esta resistencia puede ser resultado de extravasación de contraste al final del procedimiento o a que exista alguna patología que dificulte la introducción de contraste, como la capsulitis adhesiva, un hombro operado para el tratamiento de inestabilidad (procedimiento de Latarjet, retensaje capsular), etc.

Nuestra técnica, mediante la visualización ecográfica del RHPI, permite una visualización directa de la distensión capsular cuando se infiltra la solución intraarticular en el hombro.

Además de la visualización del RHPI en US con morfología “en pico de Tucán” para monitorizar la cantidad de contraste (ml) al medir su distensión (cm), se evita la infiltración extraarticular al visualizar desde el comienzo de la infiltración el receso axilar, que presenta una morfología que podría describirse como “en cuña”, formada por el cuello quirúrgico humeral lateralmente, la glenoides medialmente y la cápsula articular inferiormente (figuras 24 y 25). Esta región se monitoriza en ecografía a unos 2 cm caudal a la monitorización del RHPI, y comienza a llenarse de contraste intraarticular inmediatamente cuando infiltramos el contraste articular, con lo cual proporciona una visualización directa del llenado de la articulación GH antes de que se distienda el RHPI.

La ausencia de llenado durante los primeros segundos de la infiltración indica extravasación de contraste extraarticular y mal posicionamiento de la punta de la aguja.

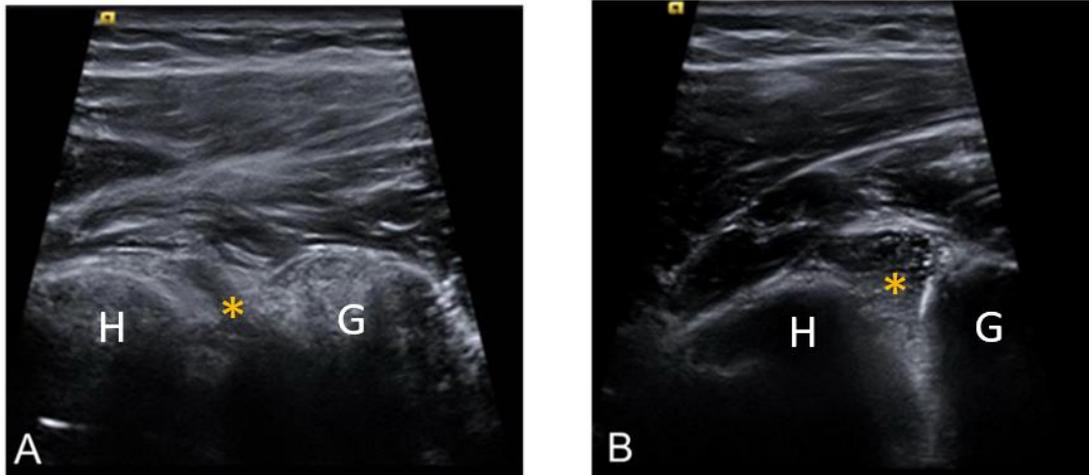


Figura 24. Distensión con morfología "en cuña" del receso axilar. Imagen ecográfica en modo B del receso axilar colapsado (asterisco en A) y distendido con líquido en su interior tras infiltración de gadolinio diluido (asterisco en B). La letra H representa el cuello humeral y la G, la glenoides.

En nuestro estudio hemos observado que al introducir Gd diluido y medir la distancia del RHPI, se obtienen valores sin variación entre varones y mujeres. Esta medida es independiente de la edad, aunque existe cierta correlación con el IMC. Se ha observado incremento del espesor del TCS en varones con sobrepeso, con una mayor distancia de la piel a la articulación. y por tanto un leve aumento de la dificultad para la realización de la punción intraarticular, pero sin repercusión significativa en la cantidad de contraste que se ha administrado hasta lograr distensión articular. De esto se deduce que la medición del RHPI es una medida fiable e independiente para la monitorización del llenado articular.

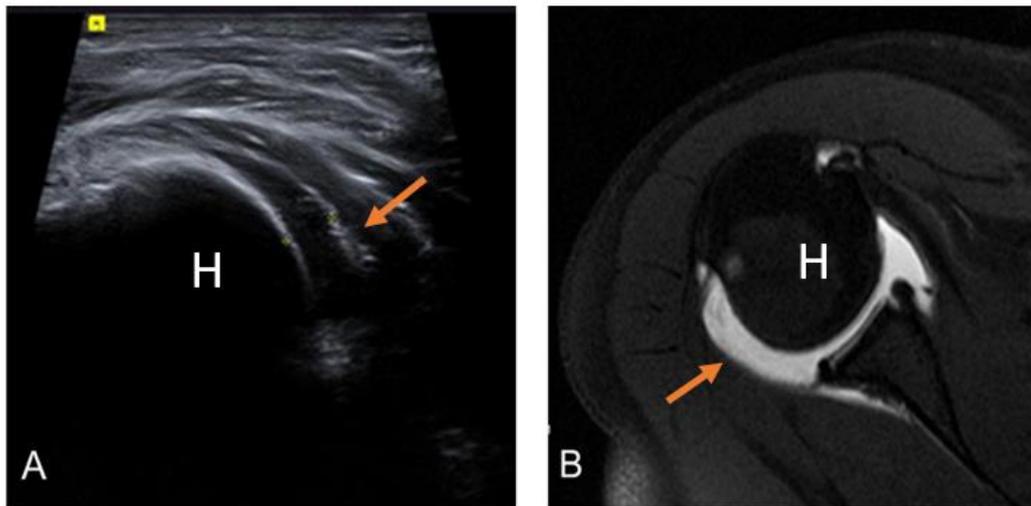


Figura 25. Distensión del RHPI con morfología "en pico de tucán". En la imagen de US el RHPI se encuentra distendido 0,4 cm (flecha en A) y en la imagen axial de secuencia potenciada en T1 con supresión de la grasa en artro-RM, se objetivó distensión del RHPI de 0,6 cm (flecha en B). La letra H representa en ambas imágenes la transición cuello-cabeza humeral, que es donde se observa este receso.

En imágenes axiales de la artro-RM se obtuvo un resultado levemente mayor de la medida del RHPI que en US, tanto en los pacientes con distensión articular insuficiente como óptima. Este hecho es debido a que la infiltración mediante US se realiza en decúbito prono y para la realización de la artro-RM colocamos al paciente en la mesa de exploración en decúbito supino, por lo que el efecto de la gravedad podría acumular ligeramente más cantidad de contraste en el RHPI de la articulación.

Al introducir una media de 16 ml (rango: 14-18 ml), de gadolinio diluido, se ha registrado adecuada visualización del labrum en toda su extensión, los ligamentos glenohumerales y las estructuras del intervalo rotador, por lo tanto, la distensión capsular fue óptima. La medida del RHPI en US fue en estos casos entre 0,3 y 0,5 cm. Por tanto, esta medida de la distensión del RHPI resulta un valioso indicador para obtener imágenes de artro-RM con distensión articular óptima.

Sin embargo, en los pacientes a los que se le ha administrado únicamente una media de unos 13 ml de gadolinio diluido (rango: 12-14 ml), la medida del receso axilar

posterior ha sido muy escasa en ecografía (entre 0,19 y 0,26 cm) y en la artro-RM, no se han valorado adecuadamente las estructuras mencionadas (distensión insuficiente), repercutiendo en la calidad diagnóstica del estudio de artro-RM.

Por otro lado, en aquellos pacientes a los que se la ha infiltrado una media de 19 ml de gadolinio (rango: 16-21 ml), la medida en US del RHPI ha sido de entre 0,55 a 0,67 cm, y al realizar la artro-RM, apreciamos leve disminución de tamaño del RHPI en comparación con la técnica de US, así como extravasación de contraste al receso subescapular y extracapsular anterior (distensión excesiva). Por esta razón, la cantidad de contraste infiltrada en la articulación mostró en nuestros resultados una correlación mayor con la medida del RHPI en US que en el estudio de artro-RM. De este hecho se deduce que el incremento de presión al infiltrar tanta cantidad de contraste, puede generar fugas y rotura capsular, hallazgo que deriva en dificultad diagnóstica para valoración de estructuras como el labrum (figura 26).



Figura 26. Distensión excesiva y extravasación por rotura capsular anterior tras infiltración de 20 ml de contraste intraarticular. Imagen de US (A), imagen axial potenciada en T1 con supresión grasa de artro-RM (B) e imagen coronal potenciada en T1 con supresión grasa de artro-RM en la que se observa el receso axilar distendido en US y colapsado en artro-RM (flecha gruesa). En las imágenes de artro-RM se evidencia extravasación capsular anterior (flecha fina).

La presencia de lesiones de HS y de lesiones de Bankart o sus variantes, según nuestro trabajo se encontraba en casi todos los casos en relación con antecedentes previos de luxación. Este hallazgo se asocia con el mecanismo lesional más común de luxación, en el que la cabeza humeral se desplaza anteroinferiormente y e impacta con el margen

anteroinferior de la glenoides^{35,36,40-42}. La lesión de SLAP se encontró mayoritariamente en pacientes sin antecedente de luxación, ya que este tipo de lesiones se correlaciona más con microinestabilidad glenohumeral que con inestabilidad/luxación recidivante. La presencia de lesiones descritas no modifica significativamente la medida del RHPI.

Los valores obtenidos en el presente estudio (medición del RHPI en US y artro-RM) no variaron entre los dos radiólogos, ya que la medida del RHPI se realiza en un punto concreto fácil de monitorizar mediante las dos técnicas (a la altura del tercio medio/inferior de la cabeza humeral).

La ecografía con contraste IV se utiliza habitualmente para el diagnóstico de múltiples patologías como el estudio de perfusión de órganos, caracterización de lesiones hepáticas, esplénicas o renales, estudio de patología intestinal (tumores, EII) o caracterización de patología arterial (aneurismas, endofugas, trombosis e incluso síndrome aórtico agudo)^{83,88,89}.

Algunos investigadores han tratado de demostrar que la ecografía puede diagnosticar en ocasiones ciertas lesiones en el labrum. En 2017, Galluccio indicó una incidencia de lesiones tipo SLAP en el labrum anterosuperior hasta en un 4% de jugadores de Waterpolo que acudían para una revisión ecográfica de hombro doloroso⁹³. El labrum glenoideo posterior se observa como una estructura hiperecoica triangular. El líquido de la artro-SG se introduce entre el rodete y el labrum glenoideo en el caso de desinserciones condrolabiales y podría diagnosticar lesiones de SLAP, Bankart y sus variantes.

La utilización de CEUS intraarticular está descrita recientemente por radiólogos asiáticos, los cuales realizan el diagnóstico de la capsulitis adhesiva mediante esta técnica, añadiendo sonoVue® (1 ml) a 20 ml de cloruro sódico y a 1 ml de lidocaína. Previamente a los pacientes se les realizó una RM convencional de hombro (técnica “gold standart”) para correlacionar los hallazgos con la ecografía posteriormente. Cheng et al concluyen que facilita la visualización de estructuras intraarticulares para el diagnóstico de esta

patología, como el ligamento coracohumeral engrosado (> 3 mm), aumento del grosor del receso axial inferior (>3.5 mm), el engrosamiento sinovial y la restricción del llenado intraarticular ⁹². Aún se desconoce el papel de la artro-SG de hombro con CEUS para el diagnóstico de lesiones capsulolabiales.

Nuestra técnica podría hacer aumentar la precisión diagnóstica de la patología labral en el margen superior, posterior e inferior. También es posible que la utilización de artro-SG mediante CEUS, podría visualizar roturas parciales de la superficie articular en los tendones del manguito rotador, apreciando la introducción de contraste en el margen inferior del tendón del supra e infraespinoso realizando las maniobras exploratorias que utilizamos para realizar la ecografía convencional. Estas alteraciones no han sido objeto de nuestro estudio. Lo que sí hemos observado en algunos pacientes a los que le hemos infiltrado la solución de triple contraste ha sido la extravasación directa del líquido hiperecogénico a través del vientre muscular del infraespinoso. Estos pacientes fueron excluidos del estudio debido a la extravasación de contraste. En cambio, los pacientes que tuvieron extravasación de contraste y no se le administró CEUS en la solución intraarticular, no se consiguió visualizar tan claramente la fuga capsular posterior en el modo B de US y este hecho fue apreciado posteriormente en las imágenes de artro-RM. Esto podría ser debido a que el líquido hipocogénico de la solución habitual sin CEUS puede confundirse en cierta medida con la ecoestructura de las fibras musculares.

Así mismo, la triple solución puede ser útil en pacientes obesos en los que la monitorización del RHPI sea difícil debido a su profundidad y haya que utilizar sondas de baja frecuencia que permiten un menor detalle ecográfico de las estructuras anatómicas.

Para la realización de artro-RM existe una gran variabilidad en la concentración de Gd utilizado ⁹³⁻⁹⁶, así como en el uso concomitante de contraste yodado, anestésicos locales y ocasionalmente corticoides ⁹⁷.

La concentración de Gd en la solución salina de artro-RM que produce una relación señal/ruido óptima en secuencias potenciadas T1 varía según estudios. Masi et al encontraron que la relación ideal señal/ruido en imágenes potenciadas en T1 estaba en una concentración de 1,25-2,0 mmol/l⁹⁹. Stecco et al indicaron una concentración de 2,5 mmol/l, mientras que otros autores recomendaron una concentración de 4,0 mmol/l¹⁰¹.

La adición de yodo al 40-50% en la solución habitual de Gd diluido permite convertir la exploración de artro-RM a un examen de artro-TC si es necesario. En ocasiones, hemos encontrado que esto es útil, particularmente en pacientes sometidos a cirugía en los que la presencia de metal puede degradar las imágenes de RM hasta el punto de no ser diagnosticadas o para valorar lesiones óseas como HS. Sin embargo, la adición de material de contraste yodado a la solución inyectada reduce la intensidad máxima de la señal potenciada en T1 en cualquier dilución de Gd. Por lo tanto, cuando se añade material de contraste yodado a la solución de artrografía, una concentración de Gd más baja aumentará la intensidad de la señal, y la concentración óptima de Gd estará entre 1,25 y 0,625 mmol/l. De esta manera, no se obtienen artefactos. En nuestro estudio, la dilución de Gd diluido corresponde con una concentración de 1,25 mmol/l¹⁰⁰⁻¹⁰⁵.

La utilización simultánea de CEUS (SonoVue®) junto con Gd diluido (1-2%) y contraste yodado no ha sido descrito en la literatura. Las dosis utilizadas en este trabajo del triple contraste, no modifican visualmente la señal en T1 respecto a la mezcla sin contraste ecográfico. Las microburbujas del SonoVue® duran únicamente unos minutos, por lo que es posible la visualización del líquido hiperecogénico en US (con microburbujas) únicamente durante un breve periodo de tiempo, tras el cual se destruyen debido al elevado índice mecánico del US. La ausencia de artefacto en artro-RM y artro-TC podría deberse a la destrucción completa de las microburbujas del CEUS. Este hecho, podría explicar también la ausencia de líquido o de CEUS articular en todos los pacientes en la ecografía de control a las 48 horas.

Por último, es importante destacar que nuestros pacientes no tuvieron efectos adversos ni dolor en el estudio de US a los dos días. De este hecho se deduce, al igual que

en el artículo de Domenech et al, el cual realiza inyección en la sinovial de conejos sin apreciar alteraciones en la vascularización e hipertrofia sinovial de las mismas, que el uso de CEUS intraarticular es un procedimiento seguro y sin efectos adversos ¹⁰⁶.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Nuestro estudio presenta ciertas limitaciones, ya que no hemos comparado la técnica de abordaje posterior con otras técnicas ecoguiadas como la infiltración mediante abordaje anterior.

Por otro lado, no se comprobaron los hallazgos descritos con los resultados de artroscopia (técnica “gold Standart”).

Nuestro tamaño muestral fue reducido, debido a criterios de exclusión rigurosos (49 pacientes excluidos).

Además, la inyección intrarticular de contraste se realizó por dos radiólogos experimentados, por lo que puede resultar menos efectiva en radiólogos con poca experiencia.

En la evaluación del triple contraste en ecografía, únicamente se ha realizado el estudio mediante la adición de 1 ml de sonoVue® a la solución habitual de yodo y Gd diluido, ya que esta cantidad es suficiente para la obtención de imágenes sin artefacto en los estudios de artro-RM y artro-TC. La ausencia de artefactos se comprobó de manera visual y no se realizó una medida numérica mediante regiones de interés (ROI) para medir la densidad e intensidad de señal en artro-TC y artro-RM respectivamente.

Finalmente, no se ha administrado otras sustancias que pueden añadirse al contraste intraarticular, como por ejemplo los corticoides. Desconocemos si la adición de más cantidad de SonoVue® intraarticular podría alterar la intensidad de señal de las imágenes de resonancia magnética y artro-TC e influir en la capacidad diagnóstica del estudio.

CONCLUSIONES:

- 1) El abordaje posterior ecoguiado en sentido mediolateral en región infraespinosa, es un método seguro de infiltración articular de contraste para artro-RM y artro-TC.

- 2) La distensión del receso axilar con morfología "en cuña" y del RHPI con morfología "en pico de tucán" son útiles para asegurar la adecuada infiltración intraarticular. La distensión del receso entre 0,3 y 0,5 cm es una medida ecográfica útil para monitorizar la cantidad de contraste a utilizar entre 14 y 18 ml, que se relaciona con una distensión articular óptima en las imágenes de artro-RM.

- 3) La solución de triple contraste intraarticular (sonoVue®, gadolinio y yodo) no produce reacciones adversas ni artefactos en artro-RM ni artro-TC, y puede resultar útil en determinados casos, como en pacientes obesos o con mala ventana acústica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Roman Pavic, Petra Margetic, Mirta Bensic, Renata Letica Brnadic. Diagnostic value of US, MR and MR arthrography in shoulder instability. *Injury*. 2013 Sep;44 Suppl 3:S26-32.
- 2) Dae Kun Oh¹ Young Cheol Yoon¹ Jong Won Kwon¹ Sang-Hee Choi¹ Jee Young Jung¹ Sooho Bae¹. Comparison of Indirect Isotropic MR Arthrography and Conventional MR Arthrography of Labral Lesions and Rotator Cuff Tears: A Prospective Study. *AJR* 2009; 192:473–479 DOI:10.2214/AJR.0.8.1223
- 3) Thomas Magee. Imaging of the post-operative shoulder: does injection of iodinated contrast in addition to MR contrast during arthrography improve diagnostic accuracy and patient throughput? *Skeletal Radiology* September 2018, Volume 47, Issue 9, pp 1253–1261
- 4) Cooper DE, Arnoczky SP, O`Brian SJ, Warren RF, Di Carlo E, Allen AA. Anatomy, histology and vascularity of the glenoid labrum. *J Bone Joint Surg* (1992) 74: 46–52
- 5) Jasna Rudez, Marco Zanetti. Normal anatomy, variants and pitfalls on shoulder MRI. *European Journal of Radiology*. Volume 68, Issue 1, October 2008, Pages 25-35
- 6) Garneau RA, Renfrew DL, Moore TE, El-Khoury GY, Nepola JV, Lemke JH. Glenoid labrum: evaluation with MR imaging. *Radiology* 1991; 179:519-522
- 7) Denard PJ, Dai X, Hanypsiak BT, Burkhart SS. Anatomía del tendón del bíceps: implicaciones para restaurar la relación fisiológica de tensión de longitud durante la tenodesis del bíceps con fijación del tornillo de interferencia. *Artroscopia*. 2012;28(10):1352-8.

- 8) Alpantaki K, McLaughlin D, Karagogeos D, Hadjipavlou A, Kontakis G. Elementos neuronales simpáticos y sensoriales en el tendón de la cabeza larga del bíceps. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2005;87:1580-1583.
- 9) Cheng NM, Pan W-R, Vally F, Le Roux CM, Richardson MD. El suministro arterial de la cabeza larga del tendón del bíceps: Estudio anatómico con implicaciones para la ruptura del tendón. *Clin. Anat.* 2010;23(6):683-692.
- 10) Morag Y, Bedi A, Jamadar D a. El intervalo del rotador y el tendón largo del bíceps de la cabeza: anatomía, función, patología e imágenes de resonancia magnética. *Magn. Un reson. Clin de imágenes. N. Am.* 2012;20(2):229-59, x.
- 11) Michael J. Tuite, Jonathan W. Currie, John F. Orwin, Geoffrey S. Baer & Alejandro Munoz del Rio. Sublabral clefts and recesses in the anterior, inferior, and posterior glenoid labrum at MR arthrography. *Skeletal Radiology* volume 42, pages353–362(2013)
- 12) Motamedi D, Everist BM, Mahanty SR, Steinbach LS. Pitfalls in shoulder MRI: Part I-normal anatomy and anatomic variants. *Am J Roentgenol.* 2014;203(3):501–7.
- 13) Jung Youn Kim, Sung-Min Rhee. Accuracy of MRI in diagnosing intra-articular pathology of the long head of the biceps tendon: results with a large cohort of patients. *BMC Musculoskelet Disord.* 2019
- 14) Wittstein J, Lassiter Jr. T, Taylor D. Origen aberrante de la larga cabeza del bíceps: una serie de casos. *Elb de hombro J.* 2012;21(3):356-360.

15) Warner, Jon J. P.; Cole, Brian J. Capsule of the Shoulder Clinical Orthopaedics and Related Research: September 2001 - Volume 390 - Issue - p 129-137

16) Do Hoon Kim, Do Yeon Kim Assessment of Capsular Insertion Type and of Capsular Elongation in Patients with Anterior Shoulder Instability and It's Correlation with Surgical Outcome: A Quantitative Assessment with Computed Tomography Arthrography. Clinics in Shoulder and Elbow Vol. 19, No. 3, September, 2016

17) Arthroscopic Anatomy, Variants, and Pathologic Findings in Shoulder Instability Thomas Tischer, M.D., Stephan Vogt, M.D., Peter C. Kreuz, M.D., and Andreas B. Imhoff, M.D. 2011 The Arthroscopy Association of North America. Nov 2011.

18) Palmer WE, Brown JH, Rosenthal DI. Labralligamentous complex of the shoulder: evaluation with MR arthrography. Radiology 1994; 190:645-65

19) Beltran J, Rosenberg ZS, Chandnani VP, Cuomo F, Beltran S, Rokito A. Glenohumeral instability: evaluation with MR arthrography. RadioGraphics 1997; 17:657-673

20) Yang Hee Park, Ji Yeon Lee, Sung Hee Moon, Jong Hyun Mo, Bo Kyu Yang, Sung Ho Hahn and Donald Resnick. MR Arthrography of the Labral Capsular Ligamentous Complex in the Shoulder Imaging Variations and Pitfalls. American Journal of Roentgenology. 2000;175: 667-672. 10.2214/ajr.175.3.1750667

21) Kevin S. Dunham, MD, Jenny T. Bencardino, MD , Andrew S. Rokito, MD. Anatomic Variants and Pitfalls of the Labrum, Glenoid Cartilage, and

Glenohumeral Ligaments. *Magnetic Resonance Imaging Clinics*. Volume 20, Issue 2, P213-228, May 01, 2012

22) Wajeeh Bakhsh 1, Gregg Nicandri. *Anatomy and Physical Examination of the Shoulder*. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2018 Sep;26(3):e10-e22

23) Jack Hurov. *Anatomy and Mechanics of the Shoulder: Review of Current Concepts*. *Journal of Hand Therapy* Volume 22, Issue 4, October–December 2009, Pages 328-343

24) Simon Boyle, Manue IHaag, David Limb, Laurent Lafosse. *Shoulder arthroscopy, anatomy and variants*. *Orthopaedics and Trauma*. Volume 23, Issue 4, August 2009, Pages 291-296

25) Edward G. McFarland. *Examination of the Shoulder: The Complete Guide*. FU-53707 (2018).

26) Stoller DW, Wolf EM, Li AE et al: *Shoulder*. In: Stoller DW (ed.). *Magnetic resonance imaging in orthopaedics and sports medicine*. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, 2007; 1131–463

27) Liu F, Dong J, Shen WJ, Kang Q, Zhou D, Xiong F. *Detecting Rotator Cuff Tears: A Network Meta-analysis of 144 Diagnostic Studies*. *Orthop J Sports Med*. 2020 Feb 5;8(2):2325967119900356.

28) Magdalena Freygant, Ewa Dziurzyńska-Białek,1,A Wiesław Guz, Antoni Samojedny, Andrzej Gołofit, Agnieszka Kostkiewicz, and Krzysztof Terpin

Magnetic Resonance Imaging of Rotator Cuff Tears in Shoulder Impingement Syndrome. *Pol J Radiol*. 2014

29) Meraj S, Bencardino JT, Steinbach L. Imaging of cysts and bursae about the shoulder. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2014 Sep;18(4):436-47.

30) Moroder P, Danzinger V, Maziak N, Plachel F, Pauly S, Scheibel M, Minkus M. Characteristics of functional shoulder instability. *J Shoulder Elbow Surg*. 2020 Jan;29(1):68-78.

31) Ren H, Bicknell RT. From the unstable painful shoulder to multidirectional instability in the young athlete. *Clin Sports Med*. 2013 Oct;32(4):815-23.

32) Ockert B. Shoulder instability. *Unfallchirurg*. 2018 Feb;121(2):90.

33) Witney-Lagen C, Hunter A. Diagnosis and management of shoulder instability. *Br J Hosp Med (Lond)*. 2019 Mar 2;80(3):C34-C38.

34) Provencher MT, Frank RM, Leclere LE, Metzger PD, Ryu JJ, Bernhardson A, Romeo AA. The Hill-Sachs lesion: diagnosis, classification, and management. *J Am Acad Orthop Surg*. 2012 Apr;20(4):242-52

35) Herring A, Davis DL. Mimickers of Hill-Sachs Lesions. *Can Assoc Radiol J*. 2020 Feb.

36) Vopat ML, Peebles LA, McBride T, Cirone I, Rider D, Provencher CMT. Accuracy and Reliability of Imaging Modalities for the Diagnosis and

Quantification of Hill-Sachs Lesions: A Systematic Review. *Arthroscopy*. 2021 Jan;37(1):391-401

37) Maio M, Sarmento M, Moura N, Cartucho A. How to measure a Hill-Sachs lesion: a systematic review. *EFORT Open Rev*. 2019 Apr 26;4(4):151-157.

38) Brelin A, Dickens JF. Posterior Shoulder Instability. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2017 Sep;25(3):136-143.

39) Skupiński J, Piechota MZ, Wawrzynek W, Maczuch J, Babińska A. The Bony Bankart Lesion: How to Measure the Glenoid Bone Loss. *Pol J Radiol*. 2017 Feb 4;82:58-63

40) Widjaja AB, Tran A, Bailey M, Proper S. Correlation between Bankart and Hill-Sachs lesions in anterior shoulder dislocation. *ANZ J Surg*. 2006 Jun;76(6):436-8.

41) Cibulas A, Leyva A, Cibulas G 2nd, Foss M, Boron A, Dennison J, Gutterman B, Kani K, Porrino J, Bancroft LW, Scherer K. Acute Shoulder Injury. *Radiol Clin North Am*. 2019 Sep;57(5):883-896.

42) Hantes M, Raoulis V. Arthroscopic Findings in Anterior Shoulder Instability. *Open Orthop J*. 2017 Feb 28;11:119-13

43) Park I, Oh MJ, Shin SJ. Effects of Glenoid and Humeral Bone Defects on Recurrent Anterior Instability of the Shoulder. *Clin Orthop Surg*. 2020 Jun;12(2):145-150

-
- 44) Li HF, Liu YJ, Cheng LQ, Li ZL, Wang JL, Qi W, Wang N, Zhu JL, Liu Y. Diagnostic value of MRI and MR arthrography in the detection of injuries of anterior labrum in shoulder. *Zhongguo Gu Shang*. 2012 May;25(5):413-7
- 45) Agarwalla A, Puzzitiello RN, Leong NL, Forsythe B. Concurrent Primary Repair of a Glenoid Labrum Articular Disruption and a Bankart Lesion in an Adolescent: A Case Report of a Novel Technique. *Case Rep Orthop*. 2019 Feb 10;2019:4371860.
- 46) Hantes M, Raoulis V. Arthroscopic Findings in Anterior Shoulder Instability. *Open Orthop J*. 2017 Feb 28;11:119-132.
- 47) Streif M, Hirschmann A. Magnetic resonance arthrography. *Radiologe*. 2020 Mar;60(3):273-284.
- 48) MahmoudAgha, NasserGamal. MR arthrogram for shoulder microinstability and hidden lesions. *Alexandria Journal of Medicine* Volume 51, Issue 3, September 2015.
- 49) Debra Changa, Aurea Mohana-Borges. Maya Borso, Christine B.Chung,. SLAP lesions: Anatomy, clinical presentation, MR imaging diagnosis and characterization. *European Journal of Radiology* Volume 68, Issue 1, October 2008, Pages 72-87
- 50) Popp D, Schöffl V. Superior labral anterior posterior lesions of the shoulder: Current diagnostic and therapeutic standards. (2015) *World journal of orthopedics*. 6 (9): 660-7

51) Michel De Maeseneer, Frans Van Roy, Leon Lenchik, Maryam Shahabpour, Jon Jacobson, Kyung N. Ryu, Frank Handelberg, Michel Osteaux. CT and MR Arthrography of the Normal and Pathologic Anterosuperior Labrum and Labral-Bicipital Complex. *RadioGraphics* 2000; 20:S67–S81

52) Cole, Brian, J.; Rodeo, Scott, A.; O'Brien, Stephen, J.; Altchek, David; Lee, Doohi; DiCarlo, Edward, F.; Potter Hollis. The Anatomy and Histology of the Rotator Interval. *Clin Orthop Relat Res.* 2001 Sep;(390):129-37.

53) Frantzeska Zampeli, Mark Tauber, Peter Habermeyer. Lesions of the biceps pulley: a prospective study and classification update. *JSES international* 2020. Volume 4, Issue 2, June 2020, Pages 318-323

54) M.Vahlensieck, T.Sommer, J.Textor, D.Pauleit, Ph.Lang, H.K.Genant, H.H.Schild Indirect MR arthrography: techniques and applications. *Eur. Radiol.* 8, 232±235 (1998).

55) L Cerezal 1, R García-Valtuille, A Canga, A Rolón, F Abascal. Magnetic resonance arthrography indications and technique (I). *Upper limb Radiologia.* Nov-Dec 2006;48(6):341-56.

56) Streif M, Hirschmann A. Magnetic resonance arthrography. *Radiologe.* 2020 Mar;60(3):273-284.

57) Peterson C, Hodler J. Averse eventes from diagnostic and therapeutic joint injections: a literatura review. *Skeletal radiol.* 2011 Jan; 40 (1):5-12.

58) Schulte-Altetedoneburg G, Gebhard M, Wohlegemuth WA, Fischer W, Zenter J, Wegener R, Balzer T, et al. MR arthrography: pharmacology, efficacy and safety in clinical trials. *Skeletal Radiol.* 2003 Jan;32(1):1-12.

59) Yagci B, Manisali M, Yilmaz E, Ozkan M, Ekin A, Ozaksoy D, Kovanlikaya I. Indirect MR arthrography of the shoulder in detection of rotator cuff ruptures. *Eur Radiol.* 2001;11(2):258-62

60) Jung JY, Yoon YC, Yi SK, Yoo J, Choe BK. Comparison study of indirect MR arthrography and direct MR arthrography of the shoulder. *Skeletal Radiol.* 2009 Jul;38(7):659-67.

61) Sommer T, Vahlensieck M, Wallny T, Lutterbey G, Pauleit D, Steuer K, Golombek V, Kreft B, Keller E, Schild H. *Rofo.* Indirect MR arthrography in the diagnosis of lesions of the labrum glenoidale. 1997 Jul;167(1):46-51.

62) Dinauer PA, Flemming DJ, Murphy KP, Doukas WC. Diagnosis of superior labral lesions: comparison of noncontrast MRI with indirect MR arthrography in unexercised shoulders. *Skeletal Radiol.* 2007 Mar;36(3):195-202.

63) Alaia EF, Subhas N. Shoulder MR Imaging and MR Arthrography Techniques: New Advances. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2020 May;28(2):153-163.

64) Sebro R, Oliveira A, Palmer WE. MR arthrography of the shoulder: technical update and clinical applications. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2014 Sep;18(4):352-64.

- 65) Carmelo Messina¹ & Giuseppe Banfi^{2,3} & Alberto Aliprandi⁴ & Giovanni Mauri^{4,6} & Francesco Secchi^{4,5} & Francesco Sardanelli^{4,5} & Luca Maria Sconfienza⁴. Ultrasound guidance to perform intra-articular injection of gadolinium-based contrast material for magnetic resonance arthrography as an alternative to fluoroscopy: the time is now. *Eur Radiol* (2015).
- 66) Hilfiker PR, Weishaupt D, Schmid M, Dubno B, Hodler J, Debatin JF. Real-time MR-guided joint puncture and arthrography: preliminary results. *Eur Radiol*. 1999;9(2):201-4.
- 67) Perdikakis E, Drakonaki E, Maris T, Karantanas A. MR arthrography of the shoulder: tolerance evaluation of four different injection techniques. *Skeletal Radiol*. 2013 Jan;42(1):99-105.
- 68) Onofrio A Catalano, Riccardo Manfredi, Angelo Vanzulli, Ernesto Tomei, Marcelo Napolitano, Andrea Esposito, Donald Resnick. MR arthrography of the glenohumeral joint: modified posterior approach without imaging guidance. *Radiology*. 2007 Feb;242(2):550-4.
- 69) Christian Wybranski, Ilya Adamchi, Friedrich-Wilhelm Röhl³, Jens Ricke, Frank Fischbach and Katharina Fischbach. Freehand direct arthrography of the shoulder using near real-time guidance in an open 1.0-T MRI scanner . *Skeletal Radiol* (2017) 46:51–58.
- 70) Otjen J, Parnell SE, Menashe S, Thapa MM. Ultrasound-guided joint injections for MR arthrography in pediatric patients: how we do it. *Pediatr Radiol*. 2015 Mar;45(3):308-16; quiz 305-7.
- 71) Farmer KD, Hughes PM. MR arthrography of the shoulder: fluoroscopically guided technique using a posterior approach. *AJR Am J Roentgenol*. 2002 Feb;178(2):433-4.

72) Matthieu J C M Rutten, James M P Collins, Bas J Maresch, Jacques H J M Smeets, Caroline M M Janssen, Lambertus A L M Kiemeney, Gerrit J Jager. Glenohumeral joint injection: a comparative study of ultrasound and fluoroscopically guided techniques before MR arthrography. *Eur Radiol.* 2009 Mar;19(3):722-30.

73) Ng AW, Hung EH, Griffith JF, Tong CS, Cho CC. Comparison of ultrasound versus fluoroscopic guided rotator cuff interval approach for MR arthrography. *Clin Imaging.* 2013 May-Jun;37(3):548-53. doi: 10.1016/j.clinimag.2012.08.002.

74) Ogul H, Bayraktutan U, Ozgokce M, Tuncer K, Yuce I, Yalcin A, Pirimoglu B, Sagsoz E, Kantarci M. Ultrasound-guided shoulder MR arthrography: comparison of rotator interval and posterior approach. *Clin Imaging.* 2014 Jan-Feb;38(1):11-7.

75) Choudur HN, Ellins ML. Ultrasound-guided gadolinium joint injections for magnetic resonance arthrography. *J Clin Ultrasound.* 2011 Jan;39(1):6-11.

76) María V Redondo 1, Juan D Berná-Serna, Pedro A Campos, Manuel Reus, Francisco Martínez, Matilde Campos, Ernesto Domenech. MR arthrography of the shoulder using an anterior approach: optimal injection site. *AJR Am J Roentgenol.* 2008 Nov;191(5):1397-400.

77) Gokalp G, Dusak A, Yazici Z. Efficacy of ultrasonography guided shoulder MR arthrography using a posterior approach. *Skeletal Radiol.* 2010 Jun;39(6):575-9.

78) Souza PM, Aguiar RO, Marchiori E, Bardoe SA. Arthrography of the shoulder: a modified ultrasound guided technique of joint injection at the rotator interval. *Eur J Radiol.* 2010 Jun;74(3):e29-32.

79) Richard de Villiers, Anterior approach v. posterior approach – ultrasound-guided shoulder arthrogram injection. *Sports Radiol.* July 2015.

80) Koivikko MP, Mustonen AO. Shoulder magnetic resonance arthrography: a prospective randomized study of anterior and posterior ultrasonography-guided contrast injections. *Acta Radiol.* 2008 Oct;49(8):912-7.

81) Vierola H. Ultrasonography-guided contrast media injection to shoulder joint using a posterior approach: a technique worth trying. *Acta Radiol* 2004

82) Carmelo Messina, Giuseppe Banfi, Davide Orlandi, Francesca Lacelli, Giovanni Serafini, Giovanni Mauri, Francesco Secchi, Enzo Silvestri, and Luca Maria Sconfienza. Ultrasound-guided interventional procedures around the shoulder *Br J Radiol.* January 2016;

83) Luis Martí Bonmatí, Yolanda Pallardó Calatayud. Medios de contraste en radiología. Monografía seram, 2007. Editorial Médica panamericana, Buenos aires.

84) Correas JM, Bridal L, Lesavre A, Méjean A, Claudon M, Helénon O. Ultrasound contrast agents: properties, principles of action tolerance and artefacts. *Eur Radiol.* 2001; 11: 1316-1328.

85) Frinking PJA, Bouakaz A, Kirkhorn J, Ten Cate FJ, De Jong, N. Ultrasound contrast imaging: current and new potential methods. *Ultrasound in Med & Biol.* 2000; 26: 965-975.

86) Cosgrove D, Eckersley R. Contrast-enhanced ultrasound: basic physics and technology overview. En: Lencioni R. *Enhancing the role of ultrasound with contrast agents.* Milan: Springer; 2006. p. 3-14.

- 87) Greis C. Technical review of contrast-enhanced ultrasonography. IBISCUS. 2004, Cracovia, p1-8
- 88) Piscaglia F, Bolondi L. SIUMB 2006. The safety of SonoVue® in abdominal applications: retrospective analysis of 23.188 investigations. *Ultrasound in Med & Biol.* 2006; 32: 1369-1375.
- 89) Albrecht T, Blomley MJ, Bolondi L, Claudon M, Correas JM, Cosgrove D, y cols. EFSUMB Study group (2004). Guidelines for the use of contrast agents in ultrasound. *Ultraschall Med.* 2004; 25: 249-256
- 90) Andrea Klauser, Johannes Demharter, Armanda De Marchi. Contrast enhanced gray-scale sonography in assessment of joint vascularity in rheumatoid arthritis: results from the IACUS study group. *Eur Radiol.* 20005, 15 (12).
- 91) Zhou L, Zhang X, Chen X, Liao L, Pan R, Zhou N, Di N. Value of three-dimensional hysterosalpingo-contrast sonography with SonoVue® in the assessment of tubal patency. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2012 Jul;40(1):93-8.
- 92) Xueqing Cheng, Zhenqi Zhang, Guo Xuanyan, Tingting Li, Juan Li, Longlin Yin and Man Lu. Adhesive Capsulitis of the Shoulder: Evaluation With US-Arthrography Using a Sonographic Contrast Agent *Scientific Reports* May 2017.
- 93) Felice Galluccio, Eleonora Bellucci, Francesco Porta, Lorenzo Tofani, Amato De Paulis, Diana Bianchedi, Tatiana Barskova, and Marco Matucci-Cerinic. The waterpolo shoulder paradigm: results of ultrasound surveillance at poolside *BMJ. Open Sport Exerc Med.* 2017; 3(1): e000211.

- 94) T. Handley¹, C. Lin¹, R. Choplin¹, and K. Buckwalter¹. Quantification of the Relaxation Times of Combined CT and MR Contrast Agents for Optimal Imaging at MR Arthrography. *Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med.* 16 (2008).
- 95) Montgomery DD, Morrison WB, Schweitzer ME, Weishaupt D, Dougherty L. "Effects of iodinated contrast and field strength on gadolinium enhancement: implications for direct MR arthrography." *J Magnetic Resonance Imaging* 2002;15:334–343.
- 96) Ganguly A, Gold GE, Pauly KB, Mayer D, Moseley MM, Pelc NJ, Fahrig R. "Quantitative Evaluation of the Relaxivity Effects of Iodine on Gd-DTPA Enhanced MR Arthrography." *J Magn Reson Imaging* 2007;25:1219-1225.
- 97) Marcello Henrique Nogueira-Barbosa. Effects of adding local anesthetic and iodinated contrast agents to the paramagnetic contrast solution in direct MR arthrography. *Radiol Bras.* 2015 Mar/Abr;48(2):V–VI
- 98) Jeffrey N. Masi David Newitt Christian A. Sell Heike Daldrup-Link Lynne Steinbach Sharmila Majumdar. Optimization of Gadodiamide Concentration for MR Arthrography at 3 T. *AJR* 2005; 184:1754–1761
- 99) Lin C, Bernstein MA, Huston J, Fain S. Measurements of T1 Relaxation times at 3.0T: Implications for Clinical MRA. 10th Scientific Meeting of International Society for Magnetic Resonance in Medicine, Glasgow, Scotland, April 2001.
- 100) Stecco A, Brambilla M, Puppi A, Lovisolo M, Boldorini R, Carriera A. "Shoulder MR Arthrography: In Vitro Determination of Optimal Gadolinium

Dilution as a Function of Field Strength.” J Magn Reson Imaging 2007; 25:200-207.

101) Alessandro Stecco, Marco Brambilla, Anna M.A. Puppi, Marta Lovisolo, Renzo Boldorini, and Alessandro Carriero. Shoulder MR Arthrography: In Vitro Determination of Optimal Gadolinium Dilution as a Function of Field Strength. Journal of Magnetic Resonance Imaging 25:200–207 (2007)

102) Chelates Ustun Aydingoz, MD, Ulku Kerimoglu, MD, and Murat Canyigit. “Black” Contrast Effect During Magnetic Resonance Arthrography Attributable to Inadvertent Administration of Excessive Gadolinium J Comput Assist Tomogr 2005;29:333–335

103) R Detreille, B Sauer, JP Zabel, T Batch, X Zhu and A Blum. Technical considerations for injection of a mixture of iodinated contrast material and Artirem for combined CT and MR arthrography J Radiol 2007;88:863-9

104) Douglas D. Montgomery, MD, William B. Morrison, MD, Mark E. Schweitzer, MD, Dominik Weishaupt, MD and Lawrence Dougherty. Ph Effects of Iodinated Contrast and Field Strength on Gadolinium Enhancement: Implications for Direct MR Arthrography. Journal of Magnetic resonance Imaging 15:334–343 (2002)

105) Ja-Young Choi, Heung Sik Kang, Sung Hwan Hong, Joon Woo Lee, Na Ra Kim, Woo Sun Jun. Optimization of the Contrast Mixture Ratio for Simultaneous Direct MR and CT Arthrography: an in Vitro Study. Korean J Radiol 2008;9:520-525

106) Ernesto Domenech, Juan de Dios Berná-Serna, Luis Polo, Manuel Reus, Juan de Dios Berná-Mestre, Manuel Canteras. Effect of SonoVue® on the synovial membrane in rabbit knees. J Ultrasound Med. 2011 Sep;30(9):1241-6.

