



**UNIVERSIDAD  
DE MURCIA**

**UNIVERSIDAD DE MURCIA**

**Facultad de Medicina**

*Departamento de Dermatología, Estomatología y Radiología y Medicina Física*

# **OPTIMIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ARTROGRAFÍA DE HOMBRO**

**Memoria de Tesis Doctoral presentada por María Victoria Redondo Carazo para  
optar al Grado de Doctor por la Universidad de Murcia**

**Directores: Dr. Juan de Dios Berná Serna**

**Dr. Manuel Reus Pintado**

**Murcia 2009**



D. JUAN DE DIOS BERNÁ SERNA, PROFESOR TITULAR DEL ÁREA DE RADIOLOGÍA Y MEDICINA FÍSICA, EN EL DEPARTAMENTO DE DERMATOLOGÍA, ESTOMATOLOGÍA, RADIOLOGÍA Y MEDICINA FÍSICA,

AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada "**OPTIMIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ARTROGRAFÍA DE HOMBRO**", que ha sido realizada por D<sup>a</sup>. **María Victoria Redondo Carazo**, bajo mi inmediata dirección y supervisión, en el Departamento de Dermatología, Estomatología y Radiología y Medicina Física, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Murcia, 9 de noviembre de 2009



**Facultad de Medicina**  
**Departamento de Dermatología, Estomatología, Radiología y Medicina Física**

Hospital General Universitario Morales Meseguer. 30008 Murcia  
T 868 88 85 83 E 868 88 42 00 [www.um.es/dafe/mf](http://www.um.es/dafe/mf)



D. MANUEL REUS PINTADO, PROFESOR ASOCIADO DE CIENCIAS DE LA SALUD DEL ÁREA DE RADIOLOGÍA Y MEDICINA FÍSICA, EN EL DEPARTAMENTO DE DERMATOLOGÍA, ESTOMATOLOGÍA, RADIOLOGÍA Y MEDICINA FÍSICA,

AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada “**OPTIMIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ARTROGRAFÍA DE HOMBRO**”, que ha sido realizada por D<sup>a</sup>. **María Victoria Redondo Carazo**, bajo mi inmediata dirección y supervisión, en el Departamento de Dermatología, Estomatología y Radiología y Medicina Física, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

Murcia, 9 de noviembre de 2009



**Facultad de Medicina**  
**Departamento de Dermatología, Estomatología, Radiología y Medicina Física**

Hospital General Universitario Morales Meseguer. 30008 Murcia



D<sup>a</sup>. MARÍA PÍA LÓPEZ JORNET, PROFESORA TITULAR DE UNIVERSIDAD DEL ÁREA DE ESTOMATOLOGÍA Y DIRECTORA DEL DEPARTAMENTO DE DERMATOLOGÍA, ESTOMATOLOGÍA, RADIOLOGÍA Y MEDICINA FÍSICA,

CERTIFICA:

Que el Consejo de Departamento, en su reunión celebrada el día 17 de mayo de 2007, ha aprobado por unanimidad la Memoria de Tesis Doctoral titulada “**OPTIMIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE ARTROGRAFÍA DE HOMBRO**”, que ha sido realizada por D<sup>a</sup>. **María Victoria Redondo Carazo**, bajo la inmediata dirección y supervisión de D. Juan de Dios Berná Serna y de D. Manuel Reus Pintado, y que el Departamento ha dado su conformidad para que sea presentada ante la Comisión de Doctorado.

Murcia, 9 de noviembre de 2009



LA DIRECTORA DEL DEPARTAMENTO

**Facultad de Medicina**  
**Departamento de Dermatología, Estomatología, Radiología y Medicina Física**

Hospital General Universitario Morales Meseguer. 30008 Murcia

A Juan Antonio

A mis padres, Gustavo y Esperanza

A mi hermano David y al resto de mi familia

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar me gustaría dar mis más sinceros agradecimientos a mis directores:

-Al doctor Juan de Dios Berná-Serna por su inestimable ayuda y colaboración, sin la cual esta tesis no hubiera sido posible. Gracias por todo tu apoyo y por tu paciencia.

-Al doctor Manuel Reus por tus conocimientos y apoyo en todos estos años.

-Gracias a Pedro Campos por su inmensa ayuda con el campo de la radiofísica y por los buenos momentos que compartimos durante la recogida de datos.

-Al profesor Canteras y a Matilde Campos por su gran colaboración en la realización de la estadística.

-A todos mis compañeros tanto del hospital Reina Sofía como del Virgen de la Arrixaca por estar ahí en los momentos buenos y malos.

-A mi marido, Juan Antonio, por su apoyo y amor constantes, sin los cuales hubiera sido imposible acabar este proyecto. GRACIAS de todo corazón.

-A mis padres, Gustavo y Esperanza y a mi hermano David, por todo su amor y fuerza en las distintas etapas de mi vida. Os llevo en mi corazón.

-A mi familia política por todo su amor y comprensión.

-A mis abuelos, que ya no están con nosotros. Os hecho mucho de menos.

-A mis amigos y al resto de mi familia, gracias por estar ahí.

-A todos aquellos que han creído en mí y me han apoyado.

# **ÍNDICE**

1. JUSTIFICACIÓN .....	11
2. INTRODUCCIÓN.....	15
2.1 Anatomía del hombro.....	16
2.2 Técnicas Diagnósticas.....	28
2.2.1 Artrografía.....	28
2.2.2 ArtroTC.....	32
2.2.3 ArtroRM.....	33
2.2.4 Artrosonografía.....	34
2.3 Indicaciones de la Artrografía.....	36
2.3.1 Diagnósticas.....	36
2.3.2 Terapéuticas.....	40
2.3.3 Contraindicaciones.....	41
2.4 Analgesia.....	42
2.5 Dosis de Radiación.....	48
2.6 Técnica artrográfica.....	57
3. HIPÓTESIS.....	65
4. OBJETIVOS.....	67

5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	69
5.1 Pacientes.....	70
5.2 Técnica.....	71
5.3 Dosimetría.....	81
5.4 Recogida de datos.....	83
5.5 Análisis estadístico.....	89
6. RESULTADOS.....	90
7. DISCUSIÓN.....	134
8. CONCLUSIONES.....	152
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	154
10. ANEXOS.....	175

ANEXO 1.....	177
--------------	-----

Berna-Serna JD, Redondo MV, Martínez F, Reus M, Alonso J, Parrilla A. A simple technique for shoulder arthrography. *Acta Radiol*, 2006; 47 (7): 725-729.

ANEXO 2.....	184
--------------	-----

Redondo MV, Berná-Serna JD, Campos PA, Reus M, Martínez F, Campos M, Doménech E. MR Arthrography of the shoulder using an anterior approach: optimal injection site. *Am J Roentgenol*, 2008; 191: 1397-1400.

ANEXO 3.....190

Campos PA, Redondo MV, Berná-Serna JD, Reus M, Martínez F.  
Optimización de las dosis de radiación en la artrografía de hombro. Radiología,  
2009; 51: 282-286.

# **1. JUSTIFICACIÓN**

La artrografía de hombro (AH) fue realizada por primera vez en 1933 por Oberholzer (Oberholzer, 1933). Consiste en introducir material de contraste dentro de la articulación glenohumeral usando como guía habitualmente fluoroscopia convencional. A partir de 1933 hasta la actualidad, diversos métodos han sido descritos para la realización de la técnica (Depélteau, Bureau, Cardinal, Aubin, y Brassard, 2004; Jacobson, Lin, Jamadar, y Hayes, 2003; Neviaser, 1980; Resnick, 1981; Schneider, Ghelman, y Kaye, 1975; Demouy, Menéndez, y Bodin, 1997; Petersilge, Lewin, Duerk, y Hatem, 1997; Rakofsky, 1981; Ficat, y Philippe, 1981; Ehara, Itoi, y Sashi, 2004) siendo el abordaje anterior el más comúnmente empleado.

La superficie articular del hombro no sólo contiene a la propia articulación glenohumeral, la cápsula articular se extiende hasta el cuello anatómico del húmero, siendo más accesible con la rotación externa del hombro. De este modo, diversas áreas pueden seleccionarse como puntos de abordaje para la realización de la artrografía de hombro. El método considerado estándar (Schneider et al., 1975) utiliza como sitio de punción la unión entre el tercio medio y el inferior del espacio articular glenohumeral. Recientemente, se ha publicado una aproximación anterior modificada (Depelteau et al., 2004), a través del intervalo rotador (Harryman, Sidles, Harris, y Matsen, 1992), utilizando como referencia el tercio superomedial de la cabeza humeral (Ehara et al, 2004). Otro sitio de punción descrito en el abordaje anterior es el área entre el tercio medio y el inferior de la porción medial de la cabeza humeral (Jacobson et al, 2003).

Tras haber realizado la artrografía, en una segunda fase se realiza un examen mediante tomografía computarizada (TC) o resonancia magnética (RM), normalmente esta última por tener mayor sensibilidad y especificidad en el estudio articular,

fundamentalmente en aquellos hombros que presentan inestabilidad y en los que se precisa valorar el labrum glenoideo y los ligamentos glenohumerales. (Elentuk, y Palmer, 2004; Jbara, Chen, Marten, Morcos, y Beltran, 2005; Raffii, y Minkoff, 1998; Kiloran, Marcove, y Freiburger, 1968).

Es esencial la realización de una AH precisa y atraumática, así como segura. (Jacobson et al., 2003, Kiloran et al., 1968).

Un aspecto importante asociado a la técnica es la dosis de radiación recibida por el paciente. Se ha descrito también la posibilidad de realizar artrosonografía (El-Dalati, Castellarin, Martone, Ricci, Vecchini, et al., 2005) en el estudio de la integridad del manguito rotador con una sensibilidad superior a la sonografía aislada y con resultados superponibles a la artroscopia. Sin embargo, no existen suficientes estudios que respalden su utilidad en la valoración del labrum glenoideo y de los ligamentos glenohumerales, por lo que la artroRM sigue siendo la técnica de elección para el estudio de dichas estructuras.

La clave para minimizar la dosis de radiación empleada es el uso de un método sistemático, que permita la determinación del sitio de punción de forma precisa. Es esencial que sea rápido, fácil y reproducible tanto por radiólogos con experiencia en artrografía como por radiólogos sin experiencia y residentes en formación.

Debido a la gran variabilidad de abordajes y técnicas descritas en la literatura para la realización de la artrografía de hombro y con el fin de realizar un estudio comparativo que nos permita optimizar la técnica usando el abordaje anterior, el más utilizado en la práctica clínica, se han realizado varios trabajos que están integrados en la presente tesis doctoral (Berná-Serna, Redondo, Martínez, Reus, y Alonso, 2006; Redondo, Berná-Serna,

Campos, Reus, Martínez, et al., 2008; Campos, Redondo, Berná-Serna, Reus, y Martínez, 2009).

## **2. INTRODUCCIÓN**

## 2.1 Anatomía del Hombro

La articulación escapulohumeral, une la escápula al húmero; por lo que conecta el miembro superior con el tronco. Corresponde al género de las articulaciones sinoviales esferoideas (enartrosis). De forma común, se designa como “articulación del hombro”.

Mientras en otros animales cuadrúpedos se encuentra próxima a la parte medial y anterior del tronco, en el hombre se encuentra rechazada hacia atrás, lateral al tórax, lo que le permite mayor libertad de movimientos. (Latarjet-Ruiz, 1995, Vandevenne, Vanhoenacker, Beaulieu, Bergman, Butts Pauly, et al., 2008). Esta articulación se compone: por el lado de la escápula por la cavidad glenoidea, agrandada por el *labrum glenoidal (rodete fibrocartilaginoso)*; por el lado del húmero tenemos la propia cabeza humeral.

### *Cavidad glenoidea*

Está formada por la porción lateral y superior de la escápula. Es una superficie poco profunda y el cartílago que la tapiza no ayuda a aumentar su profundidad. Presenta fuertemente adherido el llamado labrum glenoideo (rodete de fibrocartílago), que contribuye a agrandar la superficie de contacto articular con la cabeza humeral. (Figuras 1, 2 y 3). Está firmemente unido a la glenoides ósea exceptuando su porción más superior donde presenta un pequeño receso o foramen sublabral (Figura 4).

### ***Cabeza humeral***

De morfología esférica se articula con la cavidad glenoidea. Se continúa con el cuello anatómico con el que forma un ángulo de 130° de inclinación. Hasta aquí se extiende el cartílago hialino de revestimiento. (Figura 4).

### ***Interlínea articular***

Espacio entre las dos estructuras descritas anteriormente. Tiene la forma de la glenoides ósea. Debido a que la cabeza humeral es más voluminosa que la glenoides, el contacto entre ambas va a ser reducido en las distintas posiciones del brazo. Entre la cabeza humeral y la glenoides ósea se extiende la cápsula articular sinovial. (Figura 2).

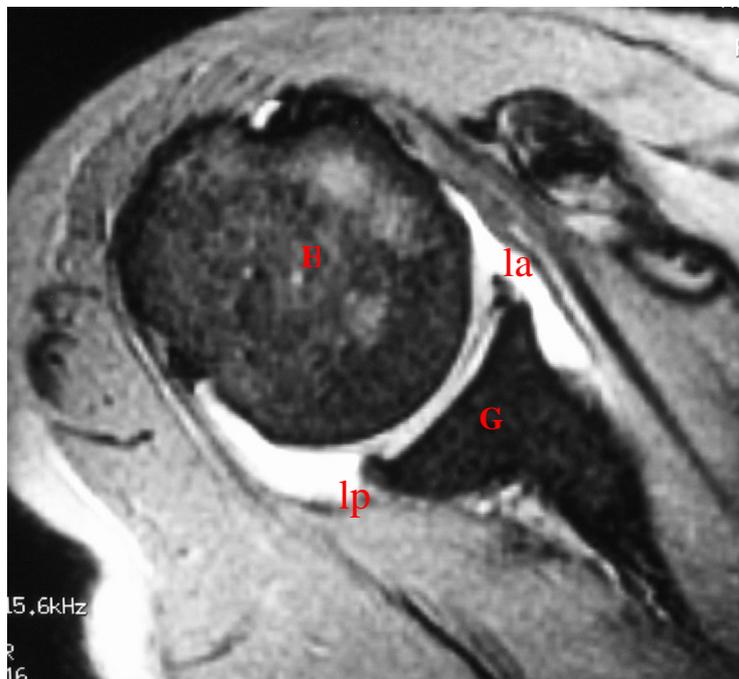


Figura 1. Imagen axial T1 de artroRM en un paciente de 35 años. Labrum anterior y posterior, la y lp; cabeza humeral, H; glenoides ósea, G.



Figura 2. Imagen axial T1 de artroRM en paciente mujer de 50 años. Cápsula articular y sinovial articular posterior (flecha roja); labrum anterior, la.

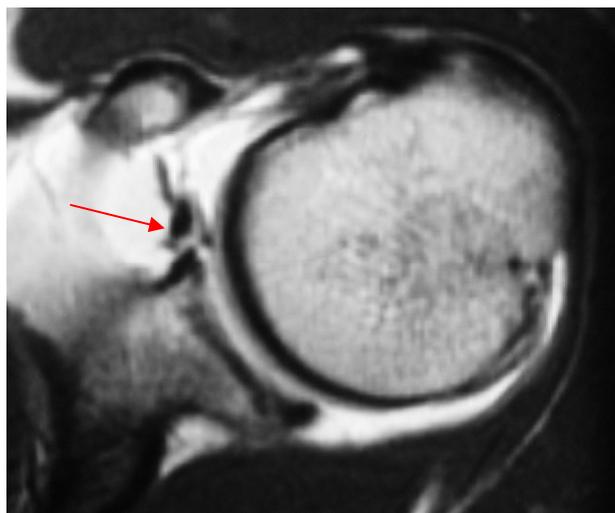


Figura 3. Imagen de avulsión del labrum glenoideo anteroinferior (lesión de Bankart) en artroRM T1 axial, en un paciente varón de 28 años.

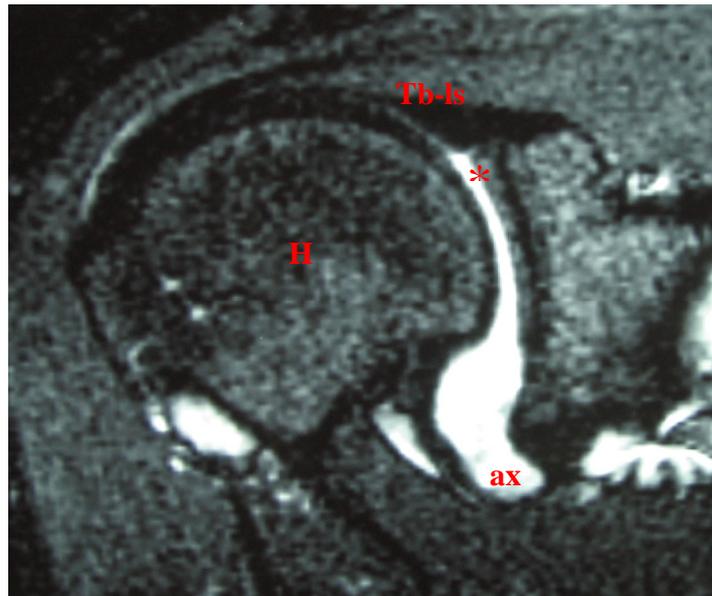


Figura 4. Imagen coronal T1 FAT-SAT de artroRM en paciente de 40 años. Complejo tendón del bíceps-labrum superior, (Tb-ls); receso axilar glenohumeral de la cápsula articular, ax; foramen sublabral, \*; cabeza humeral, H.

### ***Medios de unión***

Esta articulación glenohumeral presenta una cápsula que medialmente se continúa con el periostio escapular (Figuras 2 y 4). Superiormente llega hasta la base del proceso coracoideo y recubre la inserción del tendón de la porción larga del bíceps braquial (Figura 4). Inferiormente se une al tendón de la porción larga del tríceps braquial. Lateralmente sigue el revestimiento del cartílago de la cabeza humeral (superiormente sigue el cuello anatómico del húmero e inferiormente el cuello quirúrgico), excepto inferior y medialmente para favorecer la abducción.

La cápsula articular es delgada y laxa, lo que permite realizar movimientos al poder separarse las superficies articulares al menos 2 cm. Presenta estrecha relación con los músculos que se insertan en las tuberosidades del humero (subescapular, supra e

infraespinoso y redondo menor), con los que llega a fusionarse. En un artrograma de hombro, se muestra la inserción de la cápsula articular en el húmero (Figura 5).

Debido a que el espacio articular no sólo contiene la interlínea articular, sino que se extiende posteriormente hasta el cuello anatómico del húmero, diversos sitios pueden ser empleados como vía de abordaje para la realización de la artrografía. Los más utilizados por vía anterior son los siguientes: espacio superomedial de la cabeza humeral, inferomedial de la cabeza humeral, y el espacio articular glenohumeral (Figura 6).

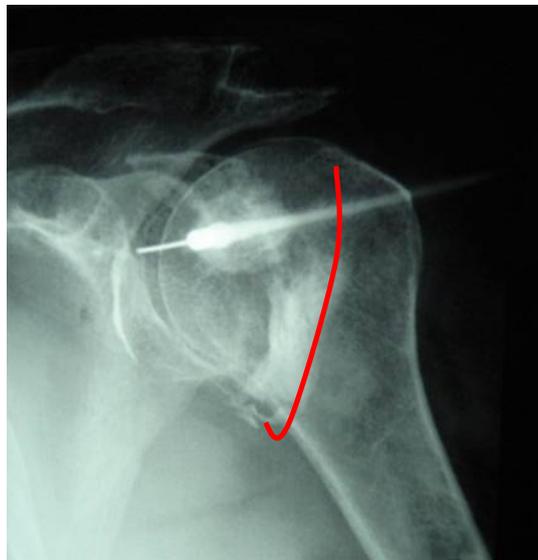


Figura 5. Artrograma que muestra con línea roja la inserción humeral de la cápsula articular.

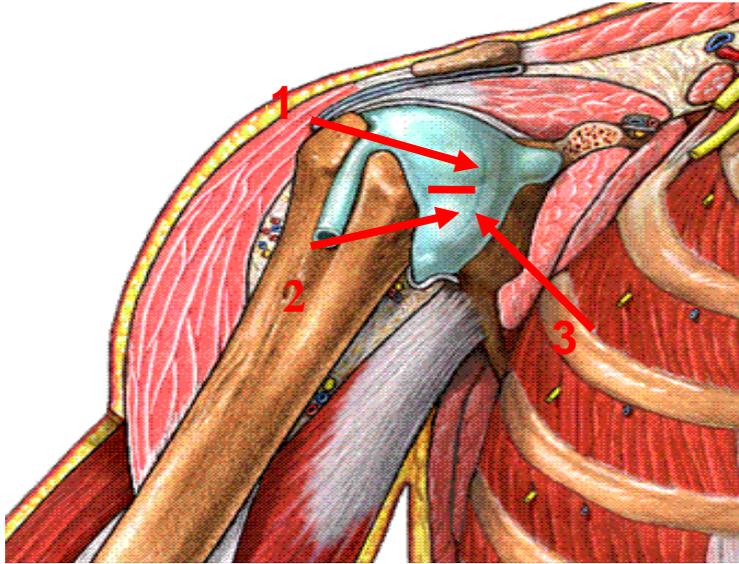


Figura 6. Imagen de anatomía que muestra los puntos de abordaje anterior más utilizados:  
1-superomedial, 2-inferomedial y 3- espacio articular glenohumeral

*Ligamentos de la articulación escapulo humeral:*

- Ligamento superior o coracohumeral (Figura 7 y 8): se inserta en el borde lateral de la coracoides y se sitúa debajo del ligamento coracoacromial. Lateralmente se confunde con la cápsula articular y acaba en dos fascículos, uno sobre el troquíter y otro sobre el troquín. Entre ambos existen fibras transversas. Es un ligamento potente y ayuda al músculo supraespinoso en su función.
- Ligamento glenohumeral superior (Figura 7): Se origina en la parte superior del labrum glenoideo y de la glenoides ósea y se inserta en el cuello anatómico de húmero, entre la cabeza y el troquín. En esta última inserción se une al ligamento coracohumeral.

- Ligamento glenohumeral medio (Figuras 9, 10, 11): se inserta en el labrum glenoideo igual que el ligamento glenohumeral superior o levemente inferior al mismo y distalmente acaba en el troquín por debajo del tendón subescapular, con el que se fusiona. El ligamento glenohumeral medio delimita los forámenes de Weitbrecht y de Rouviere.
- Ligamento glenohumeral inferior (Figura 12): Se inserta en el labrum glenoideo anterior y finaliza en la parte anterior e inferior del cuello quirúrgico.

Los ligamentos glenohumerales se lesionan con frecuencia en los episodios de luxación del hombro al igual que el labrum.

*Otros ligamentos importantes relacionados con la movilidad del hombro son:*

- Ligamentos coracoclaviculares (Figura 13): que refuerzan la unión de la clavícula con la escápula.
  - Ligamento trapezoideo: Se extiende desde el margen posterior y medial de la coracoides hasta la superficie inferior de la clavícula.
  - Ligamento conoideo: Situado detrás del ligamento trapezoideo y se extiende desde la coracoides hasta la superficie inferior de la clavícula con morfología en abanico.
- Todos estos ligamentos son muy sólidos y aseguran la unión anatómica y funcional.
- Ligamento coracoacromial (Figura 14): Desde el margen anterior del acromion se inserta en el borde lateral de la coracoides.

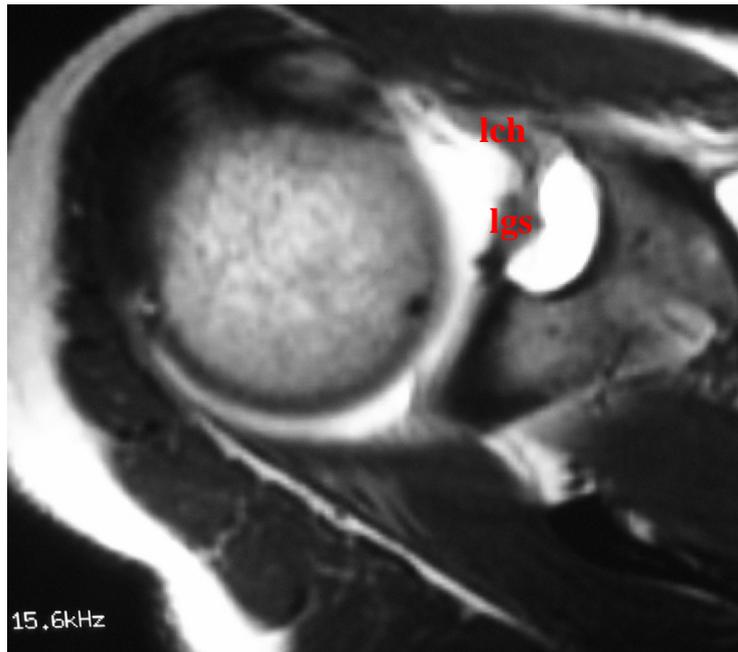


Figura 7. Imagen axial T1 de artroRM. lgs, ligamento glenohumeral superior y lch, ligamento coracohumeral,

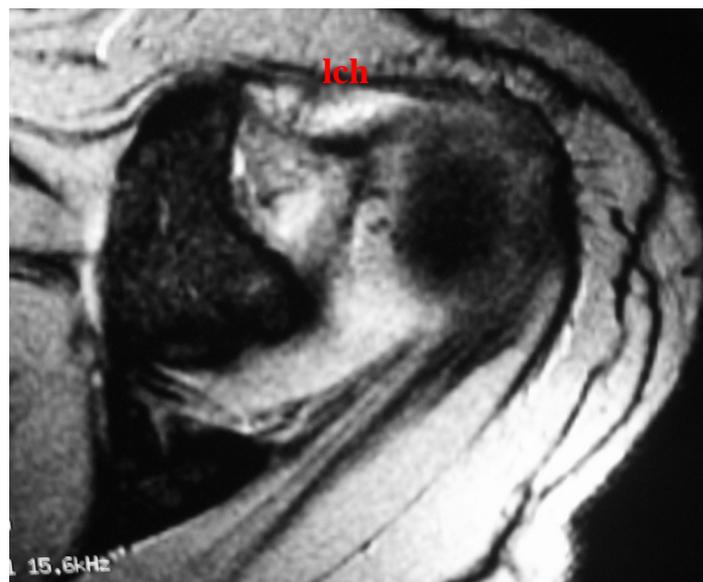


Figura 8. Imagen axial T1 de artroRM. Ligamento coracohumeral: lch.

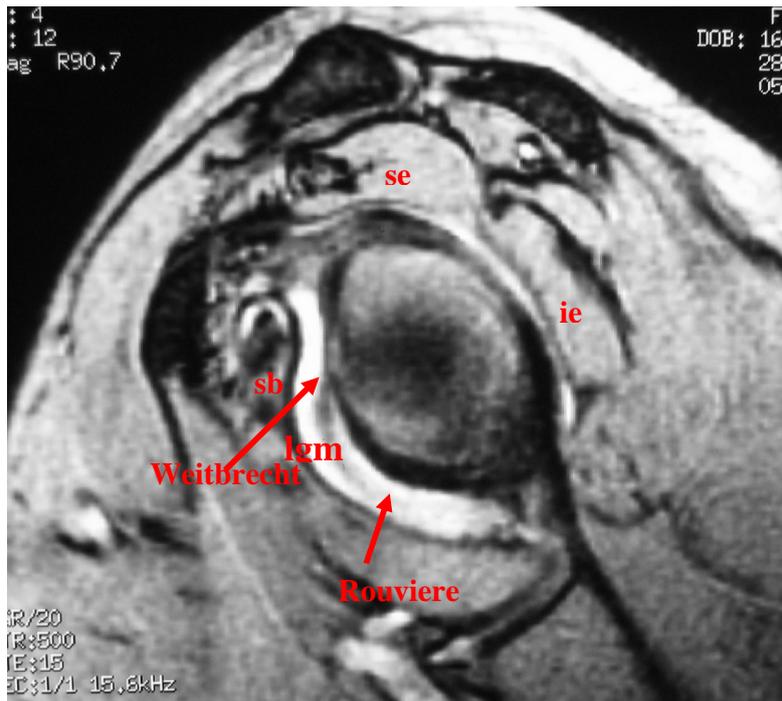


Figura 9. Imagen sagital T1 de artroRM. Ligamento glenohumeral medio, lgn; tendón subescapular, sb; tendón supraespinoso, se; tendón infraespinoso, ie. Forámenes de Weitbrecht y de Rouviere.

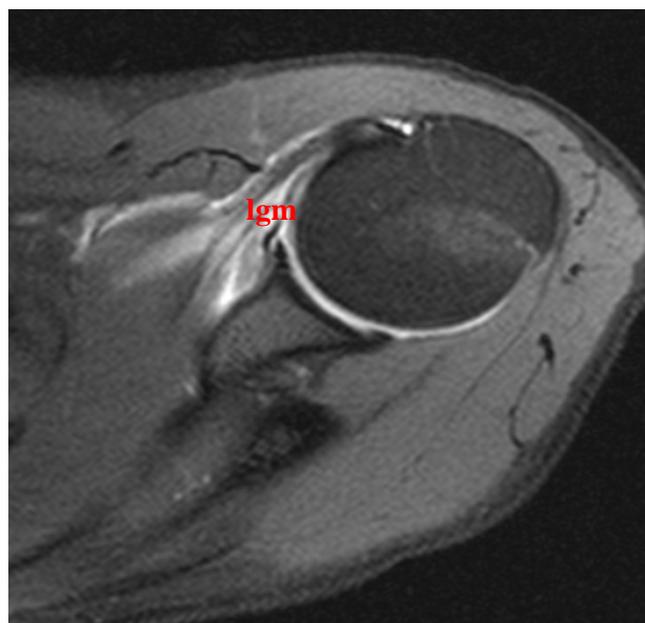


Figura 10. Imagen axial T1 de artroRM. Ligamento glenohumeral medio, lgn.

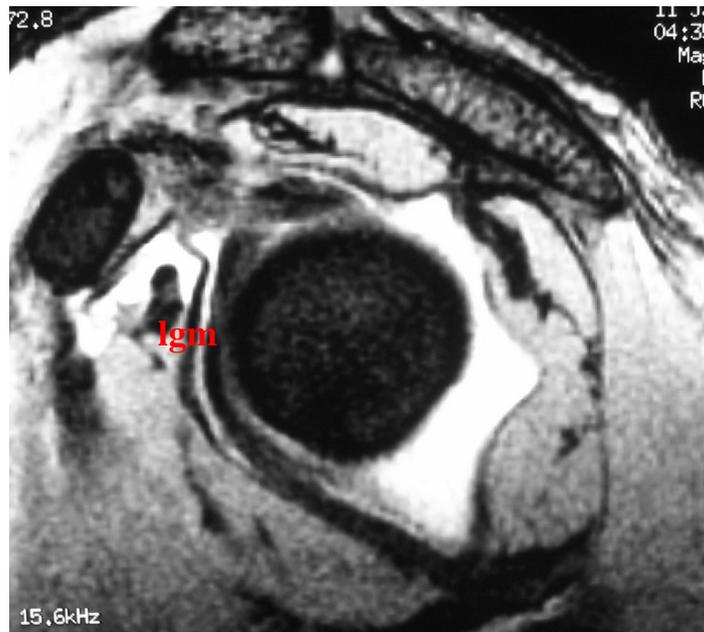


Figura 11. Imagen sagital-oblicuo T1 de artroRM. Ligamento glenohumeral medio, lgm.



Figura 12. Imagen sagital-oblicuo T1 de artroRM. Banda posterior del ligamento glenohumeral inferior, lgi.

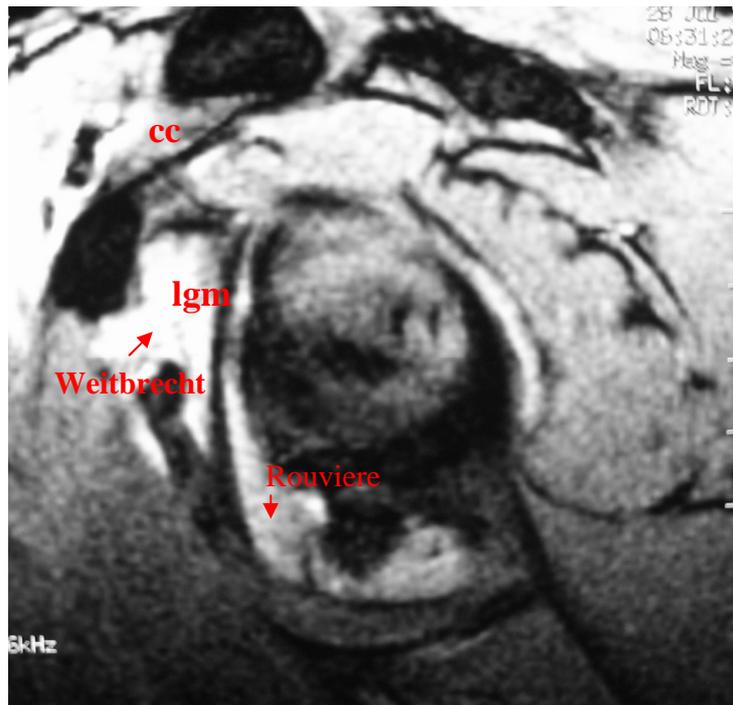


Figura 13: Imagen sagital-oblicuo T1 de artroRM. cc, ligamento coracoclavicular; lgn, ligamento glenohumeral medio; forámenes de Weitbrecht y de Rouviere.

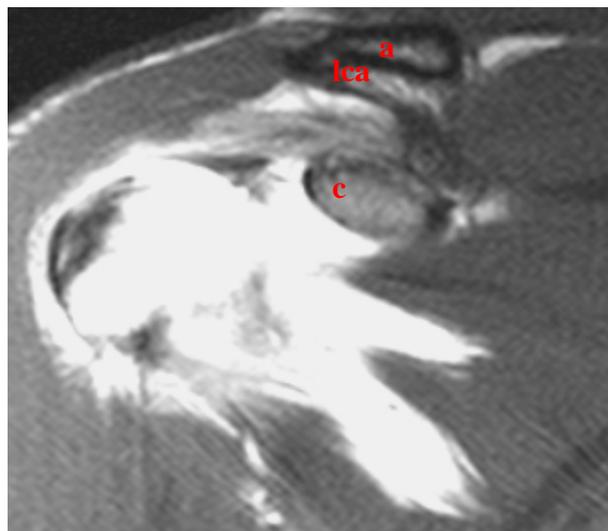
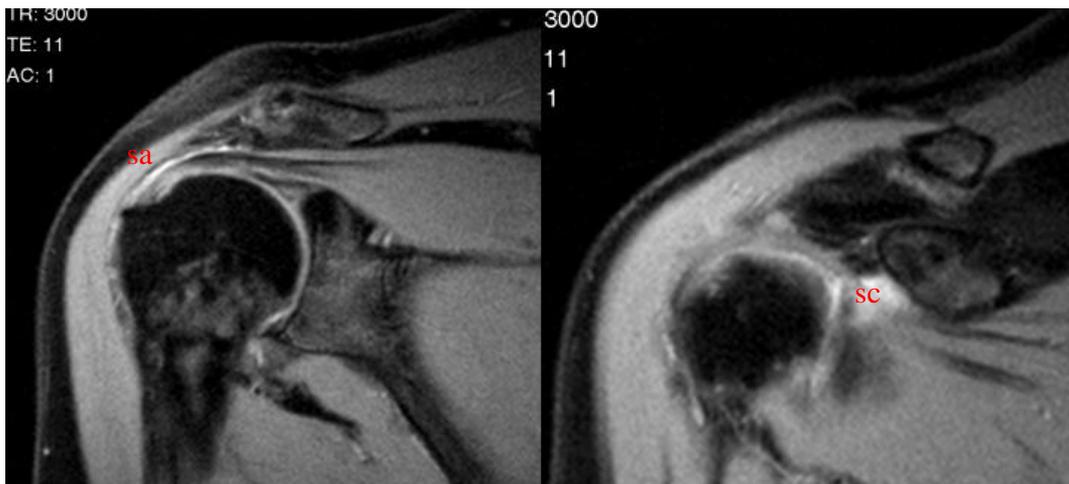


Figura 14. Imagen coronal-oblicuo T1 FAT-SAT de artroRM. Ligamento coracoacromial, lca; a, acromion; c, coracoides.

### ***Bolsas serosas del hombro***

Existen dos bolsas serosas dependientes de la serosa articular y que por lo tanto se pueden rellenar de contraste durante el procedimiento artrográfico: la serosa subescapular y la del tendón de la porción larga del bíceps braquial. Además de esas bolsas existen otras que no comunican con el espacio articular:

- Bolsa subdeltoidea o subacromial: situada entre la parte superior de la capsula articular y la superficie inferior del acromion (Figura 15).
- Bolsa subcoracoidea entre la cápsula y la superficie inferior de la coracoides (Figura 16).
- Bolsas musculares: Bolsa serosa situada delante del músculo subescapular, bolsa debajo de la porción corta del bíceps, bolsa serosa situada delante del tendón del músculo dorsal ancho, bolsa del pectoral mayor y bolsa serosa situada detrás del redondo mayor.



Figuras 15 y 16. a. Bursa subacromiosubdeltoidea, sa. b. Bursa subcoracoidea, sc. Ambas imágenes corresponden a secuencias T1 FAT-SAT coronal-oblicuo de artroRM.

## **2.2 Técnicas Diagnósticas**

### **2.2.1 Artrografía**

Aunque la opacificación con contraste de los espacios articulares (artrografía), de las bursas (bursografía) o de las vainas sinoviales (tenografía) ha ido decreciendo en su uso con el paso del tiempo, la artrografía en los últimos años ha experimentado un incremento (Resnick, 2001) debido a su uso principalmente combinado con RM. Los procedimientos artrográficos en general son sencillos de realizar y aportan importante información sobre el diagnóstico y selección del tratamiento más adecuado.

La artrografía de la articulación glenohumeral sirve de ayuda para el diagnóstico de las rupturas del manguito rotador, capsulitis adhesivas, luxación aislada o recidivante, enfermedad articular y anomalías del tendón bicipital. Las rupturas de los tendones del manguito rotador pueden ser completas o incompletas, el paso del contraste intraarticular a través de las fibras tendinosas rotas pone de manifiesto la existencia de rupturas y la amplitud de la misma. En el caso de capsulitis adhesiva la dificultad en la introducción del contraste es sugestiva de esta entidad y puede favorecer el tratamiento.

La presencia de un canal bicipital opacificado sin evidencia del tendón establece la presencia de patología en el tendón bicipital. Asimismo las alteraciones del labrum, ligamentos glenohumerales y cápsula articular así como enfermedades de la cavidad sinovial se pueden visualizar mediante esta técnica.

La artrografía consiste en la opacificación con contraste de las cavidades articulares. Existen diversos medios de contraste (yodado, gadolinio y aire) que pueden emplearse de forma aislada o combinada. (Laterjet-Ruiz, 1995). Se ha descrito que la administración de adrenalina (Resnick, 2001) puede aumentar la calidad de los artrogramas al reducir simultáneamente la salida del contraste desde la articulación y la entrada de líquidos a través de la membrana sinovial.

La artrografía del hombro es un procedimiento seguro y bien tolerado, y raras veces se presentan reacciones de hipersensibilidad al contraste yodado. Aunque puede realizarse de forma independiente, habitualmente se lleva a cabo TC o RM, para aumentar la precisión diagnóstica (Vandevenne, 2008; Vanderbeck, y Fenlin, 2007; Loustau, Sans, Despeyroux-Ewers, Chiavassa-Gandois, Vial, et al., 2006). Gracias a la distensión capsular se consiguen estudiar estructuras intraarticulares como son el labrum glenoideo y los ligamentos glenohumerales así como la cápsula articular.

La sensibilidad de esta técnica se incrementa utilizando secuencias T1 con supresión grasa. En el protocolo de RM (procedimiento diagnóstico que con más frecuencia se asocia al estudio artrográfico) se deben incluir secuencias en plano transversal, coronal-oblicuo y sagital-oblicuo. (Vahlensieck, y Reiser, 2000).

Además de estudiar el hombro, mediante esta técnica se pueden estudiar otras articulaciones tanto de la extremidad superior (muñeca y codo) (Cerezal, García-Valtuille, Canga, Rolón, y Abascal, 2006; Shahabpour, Kichouh, Gielen, De Mey, J., et al., 2008; Cotten, Jacobson, Brossmann, Pedowitz, Haghighi, Trudell, et al., 1997), como de la extremidad inferior (cadera, rodilla y tobillo) (Cerezal et al., 2006b).

Como alternativa a la artrografía directa, está descrita la artrografía indirecta (Resnick, 2001; Bergin, y Schweitzer, 2003), que consiste en la inyección intravenosa de gadolinio, y su difusión a través de la membrana sinovial, con lo que se consigue cierto grado de opacificación y una mejor definición de las estructuras intracapsulares. Aunque es una buena técnica, su sensibilidad y especificidad son inferiores a las conseguidas mediante la artrografía directa (Vanhoenacker, Van der Woude, Vanhoenacker, y De Praeter, 2007).

También se ha descrito la posibilidad de realizar artrografía de hombro sin necesidad de fluoroscopia por vía posterior, basándose en referencias anatómicas, siendo bien tolerado por los pacientes. (Farmer, y Hughes, 2002). En un estudio reciente (Jung, Yoon, Yi, Yoo, y Choe, 2009a), donde se evaluó a 19 pacientes mediante artroRM directa e indirecta, no se observaron diferencias significativas en el diagnóstico de ruptura de los tendones del manguito rotador, rupturas del labrum y patología del tendón de la porción larga del bíceps braquial.

Los avances técnicos en RM, técnica que con mayor frecuencia se combina con la artrografía, ha supuesto que en la actualidad se pueda disponer para la práctica clínica de equipos de RM con un campo magnético de tres teslas (T). A raíz de estos avances se publicó un artículo (Magee, 2009) en el que se cuestionaba si con los equipos de 3T, y, por lo tanto, con un campo magnético muy potente, seguía siendo necesaria la realización de artroRM. En este estudio sobre 50 pacientes y comparando RM convencional (3T) frente a artroRM, se demostró un aumento estadísticamente significativo a favor de la artroRM en la detección de rupturas parciales en la superficie articular del tendón supraespinoso, en las

rupturas del labrum anterior y en las roturas tipo SLAP (lesiones del rodete superior desde el margen anterior hasta el posterior).

Con los nuevos equipos de RM también existe la posibilidad de realizar intervencionismo directo en la sala de RM, sin necesidad de realizar el estudio en otra sala, es lo que se conoce como RM artrografía directa. (Soh, Bearcroft, Graves, Black, y Lomas, 2008).

Recientemente se ha publicado la posibilidad de realizar estudios de RM artrografía con secuencias 3D y posterior reconstrucción multiplanar, con resultados similares a los estudios de 2D RM artrografía, pero con un tiempo de adquisición más corto. (Oh, Yoon, Kwon, Choi, Jung, et al., 2009a; Jung, Yoon, Choi, Kwon, Yoo, et al., 2009b). La perspectiva 3D ayuda a la valoración de las lesiones crónicas recurrentes del labrum al facilitar la comprensión de las relaciones anatómicas y de este modo ayudando al diagnóstico.

Por último, existe la posibilidad de realización de una RM-artroscopia virtual que es potencialmente útil en la detección de rupturas recurrentes del labrum glenoideo y permite mejorar el diagnóstico. (Song, Huh, Kim, Kim, y Suh, 2009). Todavía no se ha demostrado en los estudios pilotos que la RM-artroscopia virtual del hombro produzca cambios en la planificación quirúrgica, lo que si se ha demostrado, sin embargo, es la concordancia de los hallazgos en imagen con aquellos encontrados en la cirugía o en la artroscopia. (Stecco, Brambilla, Puppi, Lovisolo, y Boldorini, 2008).

### **2.2.2 ArtroTC**

Técnica que combina la introducción de contraste intraarticular (yodado y aire) con la TC. (Mulligan, 2008; De Filippo, Bertellini, Sverzellati, Pogliacomi, et al., 2008). La TC permite definir las alteraciones óseas y de partes blandas que son indetectables con radiografía convencional. Gracias a cortes transversales y a su capacidad multiplanar, con los nuevos equipos multidetectores, se obtiene una gran capacidad de resolución de contraste así como la posibilidad de medir valores de atenuación específicos (Noel, Campagna, Minoui, Thévenin, Richarme, et al., 2008; Lecouvet, Simoni, Koutaïssoff, Vande Berg, Malghem, et al., 2008; Fanelli, D'Erme, Francioso, Flecca, La Barbera, et al., 2007). Su sensibilidad puede ser menor cuando se valora el labrum glenoideo y los ligamentos glenohumerales respecto a la artroRM. Si bien puede resultar una buena alternativa en pacientes claustrofóbicos, en los pacientes en los que existe contraindicación de RM y en pacientes postquirúrgicos constituyendo una técnica segura que permite un diagnóstico preciso de lesiones del labrum y de los ligamentos intraarticulares, principalmente mediante el uso de los equipos multidetectores. (De Filippo et al., 2008). De este modo puede tratarse de una técnica con una buena relación coste-efectividad para el diagnóstico de lesiones del labrum como la lesión de Bankart y las lesiones tipo SLAP así como para la detección de la ruptura completa del maguito rotador con un nivel de evidencia tipo I. (Oh, Kim, Choi, y Kim, 2009). Sin embargo, presenta limitaciones en el estudio de la médula ósea, especialmente en el edema, en las que son muy sensibles las técnicas de RM: STIR y FAT-SAT T2 o DP T2 FAT-SAT.

### **2.2.3 ArtroRM**

Técnica en la que tras la inyección de contraste intraarticular (yodado y/o gadolinio) se realiza posteriormente (Stecco et al., 2007), en un tiempo inferior a 30 minutos, una RM (Andreisek, Duc, Froehlich, Doler, y Weishaupt, 2007). La RM es el método de elección en la valoración de alteraciones de los tejidos musculoesqueléticos (Lubiatowski, Splawski, Manikowski, Dabrowska, y Romanowski, 2003).

Las imágenes muestran un gran contraste, una excelente resolución espacial y una muy buena visualización anatómica. Es además particularmente sensible en el estudio de la médula ósea. El empleo de bobinas de superficie permite obtener mejores imágenes de mayor precisión diagnóstica y es de gran utilidad en el estudio de la patología articular. (Magee, Williams, y Mani, 2005).

El paciente se explora en decúbito supino con la cabeza hacia adelante, pudiendo utilizar un acolchamiento con almohadillas. El brazo debe colocarse en paralelo al cuerpo, evitando su localización sobre el abdomen lo que produciría artefactos secundarios al movimiento respiratorio. El brazo se debe de colocar en posición neutra o en rotación externa, en cualquier caso se debe de evitar la rotación interna ya que produce la superposición de los tendones del manguito rotador con los tejidos circundantes. (Vahlensieck, y Reiser, 2000), lo que puede dar lugar a errores en la interpretación diagnóstica. En pacientes con espaldas muy anchas la inclinación del cuerpo levemente hacia el lado contralateral puede mejorar la calidad de imagen al desplazar el hombro a estudio hacia el centro del campo magnético.

En el estudio se realizan secuencias transversales, coronales-oblicuas y sagitales-oblicuas. Para obtener una óptima resolución se debe de utilizar un campo de visión (FOV)

que se sitúa entre 140 mm<sup>2</sup> y 180 mm<sup>2</sup>. La variabilidad de estos valores depende de la relación señal- ruido y de la densidad de flujo magnético de los sistemas de RM. El grosor de corte no debe de superar los 4 mm.

#### Técnicas de exploración especiales:

- Supresión de la grasa: Mejora la delimitación de los tendones y de la cápsula articular. Realiza una reducción de los artefactos por desplazamiento químico, suprimiendo la señal de los tejidos grasos y aumentando el contraste de los tendones y musculatura. En los estudios de artrografía de hombro se recomienda la utilización de secuencias T1 supresión grasa (FAT-SAT) en los tres planos: axial, sagital-oblicuo y coronal-oblicuo.
- Adquisición de datos tridimensionales: Se pueden usar secuencias eco de gradiente en 3D con TR y TE cortos que podrían ser de utilidad en el estudio de ligamentos y del labrum glenoideo en secuencias axiales. (Vahlensieck, y Reiser, 2000)

#### **2.2.4 Artrosonografía**

Técnica que consiste en introducir suero salino intraarticular mediante punción guiada ecográficamente (Le Corroller, Cohen, Aswad, Pauly, y Champsaur, 2008; Koivikko, y Mustonen, 2008). Posteriormente, se realiza el examen ecográfico. Existen artículos que proponen esta técnica como alternativa a la artroRM en el estudio de la patología del labrum, de la glenoides y en la fractura de la cabeza humeral (Lee, Lee, Han, Kim, Choi, et al., 2003). También se ha establecido su utilidad en la valoración de la

integridad del manguito rotador (El-Dalati et al., 2005). Se ha demostrado que en radiólogos con moderada experiencia así como en radiólogos expertos existe baja variabilidad interobservador en el diagnóstico de la ruptura completa de los tendones del manguito rotador. Sin embargo, para el diagnóstico de rupturas parciales e intratendinosas la variabilidad interobservador es mayor (Le Corroller et al., 2008).

En la actualidad, no existe evidencia suficiente para utilizar la artrosonografía de hombro de forma sistemática. La ventaja de esta técnica como en cualquier estudio ecográfico consistiría en la ausencia de radiación ionizante respecto a la TC, mayor rapidez en la realización de la prueba, ya que el estudio de artroRM tiene una duración aproximada de 45 minutos y también la mayor disponibilidad de equipos ecográficos en un mayor número de centros debido a su menor coste.

En cuanto al abordaje de la inyección del contraste intraarticular se ha observado que el uso de agujas espinales pediátricas (4 cm) es un procedimiento seguro, rápido y simple, que puede ser realizado por cualquier radiólogo incluso sin experiencia en procedimientos intervencionistas. (Fernández, Berásategui-Imaz, Pérez-Arroyuelos, Prada González, Velasco Casares, et al., 2008). También en este caso existe variabilidad en cuanto a la vía de abordaje de la inyección intraarticular, algunos autores (Souza, Aquiar, Marchiori, y Bardoe, 2009) abogan por utilizar el espacio del intervalo rotador y muestran resultados que sugieren un abordaje fácil y rápido.

En un estudio comparativo entre el abordaje anterior y posterior en artrosonografía (Koivikko, y Mustonen, 2008), se muestra que las inyecciones artrográficas son fáciles de realizar con guía de ultrasonidos y que el disconfort experimentado por los pacientes fue igualmente menor tanto en el abordaje anterior como en el posterior. Según estos autores la

realización de un abordaje anterior y posterior se establecería en función de la patología a estudio. Al presentar la inyección posterior todos los artefactos en el margen posterior articular, serían rápidamente reconocibles siendo este abordaje especialmente útil en la ruptura anterior del manguito rotador, capsula articular y estudio de patología del labrum anterior.

La artrosonografía no ha demostrado suficiente evidencia científica para su implantación como método rutinario en este campo y además como en cualquier estudio ecográfico nos encontramos con importante limitación a la hora de valorar la médula ósea, si bien en el estudio de roturas tendinosas dudosas podría tener un gran potencial diagnóstico. En un futuro podría convertirse en una alternativa a la RM en aquellos casos donde se requiere precisión diagnóstica y no existe disponibilidad de RM o está contraindicada. (Mendieta-Sevilla, de Lourdes Muñoz-Cardin, Canto-Vera, González-Pérez, Trejo-Trejo, et al., 2009).

## **2.3 Indicaciones de la Artrografía**

### **2.3.1 Diagnósticas**

Las aplicaciones de la artrografía se han ido incrementando de forma gradual desde su aplicación inicial en el estudio de la distorsión capsular (Helgason, y Chandnani, 1997). En la actualidad, la artrografía del hombro se emplea para la valoración de los tendones del manguito rotador en el estudio del hombro doloroso (Cothran, 2006; Zubler, Mengiardi, Schmid, Hodler, Jost, et al., 2007), con gran utilidad demostrando la extravasación del contraste intraarticular en las pequeñas rupturas fibrilares, muy difíciles de demostrar

mediante el empleo de la RM convencional. (Drescher, Rothenburg, Ludwig, Köster, y Schmid, 2004; Soh et al., 2008). Es de gran utilidad en la valoración de las estructuras estabilizadoras de la articulación glenohumeral como son los ligamentos glenohumerales, frecuentemente lesionados en las luxaciones agudas y recidivantes del hombro (Wischer, Bredella, Genant, Stoller, y Bost, 2002; Saupe, White, Bleakney, Schweitzer, Recht, et al., 2008; Steinbach, 2008; Dewing, McCormick, Bell, Solomon, Stanley et al., 2008; Van der Woude, y Vanhoenacker, 2008; Woertler, 2007; Castagna, Nordenson, Garofalo, y Karlsson, 2007). También nos permite la valoración del labrum glenoideo, de la glenoides ósea y de la cápsula articular.

Estas indicaciones diagnósticas se acompañan de otra prueba de imagen para aumentar la precisión diagnóstica. Normalmente se utiliza la RM y en los casos donde esta no se puede emplear, como en los pacientes muy claustrofóbicos, se realiza una TC como alternativa. (Depelteau et al., 2004; Vandevenne et al., 2008; Loustau et al., 2006, Cerezal et al., 2006a; Chandnani, Yeager, DeBernardino, Christensen, Gagliardi, et al., 1993; Chung, Dwek, Feng, y Resnick, 2001; Berná-Serna et al., 2006a; Stiles, y Otte, 1993; Steinbach, 1998; Catalano, Manfredi, Vanzulli, Tomei, Napolitano et al., 2007).

La ventaja de la arthroRM de hombro respecto a la RM convencional, reside en la distensión capsular lograda mediante la inyección de gadolinio diluido en suero salino, lo que permite lograr una suficiente distensión capsular, que pone de manifiesto estructuras intrarticulares muy difíciles de valorar con RM convencional, en ausencia de derrame articular glenohumeral (Beltran, Bencardino, Padrón, Shankman, Beltran, et al., 2002; Beltran, Jbara, Maimon, et al., 2003a; Beltran, y Kim, 2003b; Bencardino, y Beltran, 2006; Shankman, Bencardino, y Beltran, 1999). También es de gran utilidad en el estudio del

hombro operado, donde en ocasiones es complicado establecer si los cambios en la intensidad de señal demostrados en RM corresponden a cambios postcirugía o a re-roturas (Mohana-Borges, Chung, y Resnick, 2004, Probyn, White, Salonen, Tomlinson, Boynton, 2007; Mackencie, 2008). Gracias al empleo de contraste intraarticular, se pueden observar pequeños desgarros o re-roturas, que se visualizan con gran precisión gracias al paso de contraste a través de las estructuras lesionadas (Chadnani et al., 1993; Rand, Freilinger, Breitenseher, Tratting, García, et al., 1999; Resnick, y Kang, 1997; Wagner, Schweitzer, Morrison, Ferlín, y Bartolozzi, 2002).

En los pacientes deportistas fundamentalmente de competición (Gaskin, Golish, Blounnt, y Diduch, 2007; Funk, y Snow, 2007; Escobedo, Richardson, Schulz, Hunter, Green, et al., 2007), nos podemos encontrar lesiones complejas de estas estructuras, que pueden ser subsidiarias de tratamiento quirúrgico de alta precisión. Por ejemplo los jugadores “pitcher” (lanzador) de béisbol están predispuestos a la ruptura de los tendones del manguito rotador por sobrecarga tendinosa y al impingement (pinzamiento). En este grupo de deportistas la degeneración del labrum glenoideo o las rupturas del labrum son también frecuentes debido a un sobreuso articular (micro-inestabilidad), secundario al impingement y a los microtraumas de repetición. (Ouellette, Labis, Bredella, Palmer, Sheah, et al., 2008). En estos casos los cirujanos ortopédicos necesitan un diagnóstico lo más exacto posible para poder hacer cirugía mínimamente invasiva con reparación artroscópica de las lesiones. Por ello, la realización de artroRM en este grupo de pacientes tiene gran importancia (Resnick et al., 1997; Morag, Jacobson, Shields, Rajani, Jamadar, et al., 2005; Beltran et al., 2003b; Rowan, Andrews, Spielmann, Leith, y Forster, 2007). En los deportistas que realizan lanzamientos por encima de la cabeza, como en los casos de los

lanzadores de béisbol, la ausencia de tratamiento de estas pequeñas lesiones puede dar lugar a una inestabilidad de larga duración que puede tener consecuencias graves para la carrera del deportista.

Se ha constatado una muy buena correlación mediante artroscopia en las lesiones tipo GLAD (lesión del labrum anteriorinferior y del cartílago adyacente) y tipo SLAP (lesión del labrum anterosuperior) (Chang, Mohana-Borges, Borso, y Chung, 2008; Oh, Kim, Lee, Jo, y Bae, 2008; Lee, Motamedi, Chow, y Seeger, 2008; Antonio, Griffith, Yu, Yung, y Chan, et al, 2007; Dinauer, Flemming, Murphy, y Doukas, 2007; Jin, Ryu, Rhee, y Yang, 2006). Las lesiones SLAP pueden conducir a dolor de hombro e inestabilidad. El diagnóstico clínico es difícil por lo que los estudios de imagen juegan un papel importante. La variabilidad anatómica del complejo capsulolabral convierten en un desafío el diagnóstico de las lesiones tipo SLAP. Además esta patología puede asociar otras alteraciones como rupturas de los tendones del manguito rotador, cambios quísticos óseos o edemas de la medula ósea de la cabeza humeral, laxitud capsular y lesiones tipo Hill-Sachs o Bankart. Todos estos hallazgos se pueden demostrar con gran precisión diagnóstica en los estudios de arthroRM (Chang et al., 2008).

En pacientes deportistas (jugadores de béisbol profesional) se ha demostrado que la MR artrografía es considerablemente más sensible en la detección de rupturas parciales del tendón supraespinoso y del labrum, que la RM convencional (Tuite, y Owin, 2007; Magee et al., 2005). Además, se ha demostrado correlación significativa ( $p < 0,001$ ) entre los hallazgos de arthroRM (engrosamiento del ligamento coracohumeral y de la cápsula articular en el intervalo rotador) y la presencia de capsulitis adhesiva. (Shaffer, Tibone, y Kerlan, 1992).

### **2.3.2 Terapéuticas**

Además de indicaciones desde el punto de vista diagnóstico, la artrografía de hombro tiene aplicaciones terapéuticas. Se emplea en el tratamiento de la capsulitis adhesiva consiguiendo obtener una distensión articular que provoca microroturas en la cápsula articular, lo que alivia la sintomatología de este grupo de pacientes. (Simpson, y Budge, 2004; Lundberg, 1969, Yilmaz, Kantarci, Adaletli, Ulus, Gulsen, et al., 2007). A la eficacia de la distensión articular le sigue la inyección intraarticular de corticoides que comienza inmediatamente después de la distensión articular y dura tres meses. Con esta técnica se ha publicado (Chatti, Esseghaier, Oueslati, Zidi, Bouassida, et al., 2007) que el 90% de los pacientes presenta regresión del dolor y un 70% mejoran el déficit motor y alcanzan una mayor movilidad en el hombro. La capsulitis adhesiva es una patología incapacitante aunque suele presentar buena evolución. Asimismo, otra aplicación terapéutica consiste en la inyección intraarticular de corticoides en pacientes con hombro doloroso. Esta técnica verifica que la inyección se produce dentro del espacio articular y no se realiza a ciegas con el potencial peligro que esto conlleva, pudiendo provocar daño en las estructuras tendinosas en contacto con los corticoides inyectados. (Lundberg, 1969). Sin embargo, según otros autores la hidrodilatación (procedimiento que utiliza corticoesteroides y suero salino para distender la cápsula articular en los pacientes con capsulitis adhesiva) no ha demostrado beneficios superiores respecto a la inyección aislada de corticoides bajo guía fluoroscópica sin dilatación capsular. (Tveita, Tariq, Sesseng, Juel, y Bautz-Holter, 2008).

La estimación de las dimensiones del intervalo rotador en pacientes con capsulitis adhesiva mediante el empleo de artroRM puede ser de interés en el estudio preoperatorio de este grupo de pacientes. (Kim, Rhee, y Shin, 2009).

### **2.3.3 Contraindicaciones**

La AH no se debe llevar a cabo en casos con fractura en el hombro, pacientes con tratamiento anticoagulante o con enfermedad relacionada con la coagulación o en casos de historia personal de alergia al contraste yodado. En el caso de que posteriormente se realice una RM (artroRM), las contraindicaciones son las propias de la RM (Resnick, 2001). Todas las personas portadoras de materiales metálicos que puedan ser atraídos por el imán y por lo tanto desplazarse al entrar en el campo magnético, como: pacientes con marcapasos, implantes cocleares, clips metálicos en sistema nervioso central y válvulas cardíacas de determinados materiales ferromagnéticos. La mayoría de los implantes y prótesis ortopédicas carecen de propiedades ferromagnéticas y están compuestos por titanio, siendo compatibles con la RM. En el embarazo sólo se debe realizar RM si la información no se puede conseguir mediante otros métodos diagnósticos, siempre no ionizantes. En cualquier caso, se recomienda evitar la exploración en el primer trimestre de gestación.

De este modo, todos los pacientes son interrogados y revisados antes de entrar en la sala del imán para descartar que sean portadores de objetos ferromagnéticos internos o externos. Otra contraindicación sería la alergia al gadolinio (contraste de la RM).

En aquellos pacientes con contraindicación a la RM o claustrofobia se puede realizar como alternativa un estudio mediante artroTC. La artrosonografía como se ha

señalado previamente, no se usa como alternativa a la RM, aunque algunos autores recomiendan su utilización (Le Correler et al., 2008; Koivikko et al., 2008; Lee et al., 2003; Mendieta et al., 2009). Por este motivo, en el momento actual, en aquellos casos donde no puede realizar una artroRM, la alternativa en la práctica clínica habitual continúa siendo la artroTC, aunque esto podría cambiar en un futuro.

#### **2.4 Analgesia.**

La AH es un método mínimamente invasivo. La inyección intraarticular de gadolinio ha demostrado tener una baja morbilidad. Se han descrito una tasa total de complicaciones del 3.6% compuesta en su mayoría por “pequeñas incidencias” publicadas en un estudio multiinstitucional (Robbins, Anzilotti, Katz, y Lange, 2000, Hugo, Newberg, Newman, y Wetzner, 1998). Sin embargo, muchos pacientes muestran ansiedad ante el procedimiento, así como disconfort intraarticular durante la inyección de contraste. En muchos casos existe temor al examen debido a la falta de información que el paciente recibe antes de la exploración tanto por parte del médico que prescribe la prueba como por el propio radiólogo. Se han tratado de identificar los factores que más temor producen a los pacientes que van a someterse a una artrografía de hombro. El miedo a las agujas y a experimentar dolor durante la prueba encabezan la lista, seguidos por el miedo a que se encuentre un diagnóstico que requiera cirugía, así como miedo a las posibles complicaciones durante la prueba (Robbins et al., 2000; Hugo et al., 1998; Binkert, Zanetti, y Hodler, 2001; Blanchard, Bearcroft, Dixon, Lomas, Teale, et al, 1997).

Al principio muchos autores pensaban que los pacientes después de ser sometidos a un procedimiento invasivo donde se introduce el contraste mediante inyección

intraarticular, preferirían un estudio menos invasivo (RM convencional), debido a la ansiedad o al disconfort potencial que podían experimentar (Robbins et al., 2000; Hugo et al., 1998; Binkert et al., 2001; Blanchard et al., 1997; Koivikko et al., 2007; Newberg, Munn, y Robbins, 1985; Huskisson, 1974; Breivik, Björnsson, y Skovlund, 2000; Hodler, Kursunoglu-Brahme, Snyder, Cervilla, Karzel, Schweitzer, et al., 1992). Muchos de los pacientes que expresaron previamente a la artrografía, miedo al posible dolor y a las agujas, al ser encuestados después de haberse realizado la prueba, refirieron bajas tasas de dolor en la escala verbal. (Depelteau et al., 2004; Robbins et al., 2000; Hugo et al., 1998).

En una serie publicada recientemente donde se realizaron 202 artrografías consecutivas, la media de dolor con la escala analógica visual, VAS, que oscila desde 0 = no dolor, hasta 100 = dolor insoportable, presentó una media de  $16,1 \pm 16,4$  (SD). (Binkert et al., 2001). Sólo un 6% de los pacientes sometidos a artrografía demostraron en las encuestas tras la prueba más dolor de lo que esperaban encontrar. En una serie con 100 pacientes, 96 de ellos mostraron su preferencia por la artroRM sobre la RM convencional (Robbins et al., 2000)

Se han descrito en ocasiones reacciones vasovagales durante el procedimiento que generalmente se resuelven de forma espontánea (Robbins et al., 2000; Hugo et al., 1998). En la literatura se realiza anestesia local mediante inyección subcutánea en el punto de punción donde va a introducirse la aguja. Con esto se intenta minimizar las molestias experimentadas por el paciente al introducir la aguja a través de la piel hacia el espacio articular. (Cerezal et al., 2006b; Resnick, 2001; Blanchard et al., 1997; Koivikko et al., 2007).

Recientemente se ha publicado un interesante estudio prospectivo donde se ha valorado el dolor y otros efectos secundarios asociados a la artroRM (Saupe, Zanetti, Pfirrmann, Wels, Schwenke, y Hodler, 2009). En este estudio se realizaron artrografías en 1085 pacientes y se examinaron distintas articulaciones: cadera, codo, rodilla, muñeca, tobillo y hombro. Se midió el dolor experimentado inmediatamente después de la inyección del contraste articular, cuatro horas después, un día después (18-30 horas) y una semana (6-8 días) después de la inyección intraarticular de contraste. Estos resultados se compararon con la sensación de dolor basal que tenían los pacientes (antes de la inyección del contraste intravenoso). Se utilizó una escala analógica visual (VAS) con una puntuación que oscilaba desde el 0 al 10. En aquellos casos en los que se observó persistencia del dolor al final del periodo de observación (una semana) se descartó que pudiera existir una infección. Los factores que se consideraron determinantes en la aparición del dolor fueron: el tiempo transcurrido desde la realización de la punción, el tipo de articulación, el volumen de contraste introducido, la edad de los pacientes, el sexo y la experiencia del radiólogo. Según este estudio, basado en una importante muestra poblacional, el máximo dolor aparece cuatro horas después de la inyección ( $p < 0.0001$ ). El dolor es mayor cuando la articulación estudiada es la cadera seguida del codo, rodilla, muñeca, tobillo y por último el hombro, aunque las diferencias no son estadísticamente significativas. El grado de dolor experimentado volvía a su nivel basal una semana después de la inyección intraarticular del contraste. Se observó que los pacientes menores de treinta años experimentaban un mayor grado de dolor que los pacientes de otros grupos de edad independientemente de la articulación a estudio, con resultados estadísticamente significativos. Por último, estos autores determinaron que el volumen del contraste

intraarticular inyectado, el sexo del paciente y la experiencia del radiólogo no afectaban a la intensidad del dolor experimentado. En ningún caso hubo infecciones o efectos adversos severos, aunque sí se observaron dolor articular y efectos secundarios menores como presión intraarticular durante la inyección del contraste, dolor de cabeza, dolor muscular, hinchazón de la mano y el brazo, fatiga, vértigo, leve aumento del nivel de glucosa en sangre y prurito. De este modo la artroRM de forma temporal incrementa el dolor relacionado con la articulación, el cual está relacionado con la edad del paciente y no depende del tipo de articulación, del volumen del contraste intraarticular inyectado ni del sexo del paciente ni de la experiencia del radiólogo que realiza la técnica. (Saupe et al., 2009).

Como se mencionó anteriormente (Saupe et al., 2009) en el estudio comparativo de artroRM aunque sin diferencias estadísticamente significativas, el hombro fue la articulación estudiada que presentó un rango medio de dolor más bajo. Anteriormente a la aparición de este artículo, otros autores (Koivikko, y Koskinen, 2007) ya se habían preguntado si realmente era necesaria la anestesia local subcutánea en la realización del estudio de artroRM de hombro ya que los rangos de dolor experimentados por los pacientes en esta articulación eran bajos. Casi todos los radiólogos han aplicado siempre un anestésico local subcutáneo antes de realizar la punción articular con el fin de minimizar el dolor. Sin embargo, no existían estudios que confirmasen la eficacia del uso de estos anestésicos locales. En un estudio comparativo (Koivikko et al., 2007) con 74 pacientes, midiendo el dolor mediante la escala analógica visual (VAS) con un rango que oscilaba entre 0 y 100, se determinó que no había diferencias estadísticamente significativas en relación con la intensidad del dolor experimentada por los pacientes inmediatamente

después de realizada la punción, entre el grupo de pacientes a los que se había administrado un anestésico local subcutáneo y aquellos que no habían recibido ningún tipo de anestesia. Por ello estos autores concluyen que el empleo de anestésico subcutáneo de forma rutinaria en la artrografía del hombro es innecesario.

El uso de la crema Lidocain/Prilocain EMLA<sup>®</sup> (AstraZeneca, Sodertäje, Sweden), ha sido descrito en numerosos artículos tanto para reducir como para eliminar el dolor en distintos procedimientos. (Berná-Serna, Redondo, Durán, y Berná-Mestre, 2008; Bonetto, Salvatico, Varela, Cometto, Gómez, y Calvo, 2008, Yamada, Stinson, Lamba, Dickson, y McGrath, 2008; Zilbert, 2002; Sönmez, Demirogullari, Ekingen, Türkyilmaz, Karabulut, et al., 2002).

La crema anestésica EMLA<sup>®</sup>, en su uso tópico tiene una eficacia demostrada, como se ha publicado en diversos estudios (Berná-Serna et al., 2008; Bjerring, y Arendt-Nielsen, 1990; Parker, Vats, y Bauer, 2004; Jakobson, y Nilsson, 1985; Taddio, Ohlsson, Einarson, Stevens, y Koren, 1997; Basar, Basar, Ozcan, Akpinar, et al, 2005; Demirci, Erdamar, Karakoc, y Arslan, 2008; Krupashankar, 2008; Taddio, Ohlsson, Einarson, Stevens, y Koren, 1998; Gradin, Eriksson, Holmqvist, Holstein, y Schollin, 2002; Kleiber, Sorenson, Whiteside, Gronstal, y Tannous, 2002; Breakey, Pirie, y Goldman, 2007; Uhari, 1993; Zempsky, y Cravero, 2004). Se ha descrito su empleo en procesos de cirugía menor ginecológica, analgesia para la circuncisión, tratamiento con láser para lesiones dermatológicas, tratamiento de fisuras anales en niños, biopsia prostática transrectal guiada por ultrasonidos, punción lumbar en niños, punciones venosas y vacunas en la población pediátrica.

La analgesia de la piel se alcanza trascurrida una hora aproximadamente de la aplicación. Los efectos permanecen hasta dos horas después de ser retirada la pomada. Se ha publicado recientemente un artículo (Usmani, Pal Singh, Quadir, y Chana, 2009), donde se realizó un estudio randomizado a doble ciego con grupo control con placebo, comparando el empleo de lidocaina al 1% inyectada de forma subcutánea con el empleo de la crema anestésica local EMLA<sup>®</sup> en la zona de la herida quirúrgica, en la cirugía de la hernia inguinal en la población pediátrica como complemento de la anestesia general. Se estudiaron noventa pacientes con edades comprendidas entre cuatro y doce años. Se observó que en aquellos grupos donde se había administrado lidocaina al 1% o crema anestésica local EMLA<sup>®</sup> la recuperación en el postoperatorio y el rango de dolor experimentado por los pacientes tras la cirugía utilizando la escala VAS con un rango del 0 al 10 era mejor que en el grupo placebo. Los resultados eran superponibles tanto en el grupo con lidocaina como en el grupo con EMLA<sup>®</sup>, por lo que la capacidad analgésica en ambos casos era similar.

Existen recomendaciones específicas sobre el uso de EMLA<sup>®</sup> en niños debiendo ajustar la dosis al área de aplicación de la crema. Para una dosis de 5 gramos el área máxima no debe superar los 100 cm<sup>2</sup>. (Bjerring et al., 1990). La crema debe aplicarse aproximadamente de 40 a 60 minutos antes de la exploración. Esta crema es más efectiva con la combinación de los dos anestésicos (lidocaina/prilocaina) que cuando estos se emplean de forma individual y su efecto anestésico alcanza una profundidad de 1.85 mm hasta 5mm según algunos autores (Bjerring et al., 1990; Parker et al., 2004), suficiente para prevenir el dolor asociado con la introducción de la aguja o del catéter.

Los efectos adversos de la crema son raros. No obstante, se ha descrito algún caso de metahemoglobinemia en niños y algún caso aislado de convulsiones (Jakobson et al., 1985). Asimismo, no debe usarse en pacientes con alergia conocida a alguno de sus componentes (lidocaína y/o prilocaína). También se ha descrito alguna reacción local adversa como edema, eritema y palidez transitoria. Los efectos adversos comunicados a través del sistema ANDROIT (Adverse Drug Reporting On Line Tracking System) del Reino Unido, recogen desde el año 1967-2005 las complicaciones que pueden derivarse del uso de los anestésicos locales que se emplean con mayor frecuencia en los procedimientos intervencionistas y quirúrgicos. (Nazir, y Holdcroft, 2009). Según este registro no se encontró influencia de la edad ni del sexo en cuanto a la frecuencia de comunicación de reacciones adversas en el uso de la crema EMLA<sup>®</sup>. La lidocaina asociada a la metilprednisolona (Depo-Medrone<sup>®</sup>) o a la prilocaína (como crema EMLA<sup>®</sup>), presentan una mayor tasa de registro de reacciones alérgicas que la lidocaina aislada, con un significado estadístico ( $p < 0.0001$ ). Sin embargo, a pesar de haberse publicado algún caso de posibles complicaciones, que hemos detallado anteriormente, el uso de la crema se muestra fácil y seguro, con importantes beneficios para el paciente al reducir la percepción del dolor.

## **2.5. Dosis de Radiación**

La fluoroscopia convencional es la modalidad de imagen más utilizada para la inyección de material de contraste en estudios artrográficos. El control de la punción así como la verificación de la distribución correcta del contraste en el espacio articular se realiza generalmente mediante fluoroscopia convencional o TC fluoroscopia (Binkert,

Verdun, Zanetti, Pfirrmann, y Hodler, 2003; Froelich, Wagner, Ishaque, Alfke, Scherf, y Klose, 2000; Silverman, Tuncali, Adams, Nawfel, Zou, et al, 1999, Schmidt, Schätzl, Fink, Wagershausen, 1993). Estos procedimientos presentan el inconveniente de la irradiación continua del paciente así como sobre el radiólogo que realiza la técnica (Kato, Katada, Anno, Suzuki, Ida, y Koga, 1996). La TC fluoroscopia requiere mayor dosis de radiación que la fluoroscopia convencional para la realización de artrografía de hombro (Binkert et al., 2003).

Dentro de las recomendaciones de la Internacional Commission on Radiological Protection (ICRP), y el criterio ALARA (As low as reasonable) describe muy bien el concepto de máxima protección radiológica. (Smith, 1991). En función de lo establecido por esta comisión se debe de minimizar al máximo la exposición a radiación de determinados órganos que pueden verse involucrados. Un órgano especialmente sensible a la radiación es el tiroides, por su asociación con ciertos tipos de carcinomas de esta glándula. También se debe evitar en lo máximo posible la radiación sobre el pulmón, corazón (artrografía del hombro izquierdo), piel, músculo y hueso.

Binkert et al (2003) determinaron la dosis de radiación en la superficie del paciente durante el procedimiento artrográfico de hombro. El estudio se basa en medidas realizadas sobre un maniquí de polimetilmetacrilato, a partir de las que calcula las dosis medias de absorción de los distintos órganos así como la dosis efectiva de radiación. En este trabajo se evaluaron el tiempo de radiólogo y la dosis de radiación comparando la artrografía guiada mediante fluoroscopia convencional, TC fluoroscopia o con TC.

Existen muy pocos trabajos donde se comparen la TC fluoroscopia con la TC convencional. (Spies, Butz, Altjohann, Feuerbach, y Link, 2000; Carlson, Bender, Classic,

Zink, y Quam, et al, 2001; Sheafor, Paulson, Kliewer, DeLong, y Nelson, 2000). Esto es debido a la limitación de estudios comparativos debido a las variaciones en cuanto a tamaño, localización y acceso en los distintos pacientes, lo que influye en el tiempo de radiólogo y en la dosis de radiación. Estas limitaciones pueden reducirse mediante el empleo de fantomas (Katada, Kato, Anno, Ogura, Koga et al., 1996) o a través de procedimientos que se puedan reproducir uniformemente en diferentes pacientes.

#### Radiación recibida por el paciente.

La fluoroscopia convencional como método guía para llevar a cabo la artrografía, conlleva una dosis de radiación menor que otras modalidades de TC. En el estudio de Binkert et al. (2003), la dosis efectiva de radiación era 100 veces inferior con la fluoroscopia convencional respecto a las modalidades de guía por TC (TC convencional y TC fluoroscopia). Cuando el porcentaje de dosis efectiva de radiación debida al procedimiento de imagen utilizado como guía se calcula en relación con la dosis de radiación global en una artroTC, se observaron los siguientes resultados:

-La fluoroscopia convencional utilizada como método guía supone sólo el 0,063% de la dosis efectiva (0,0015mSv/2,4 mSv). La media de tiempo de fluoroscopia obtenida fue de 9 segundos.

- La TC fluoroscopia, como método guía, es responsable del 8% de la dosis efectiva (0,22mSv/[2,4 mSv+0,22 mSV]). La TC convencional como método guía, con dosis de radiación reducida, supone el 7% de la dosis total de radiación [0,18 mSv/ {2,4 mSv+0,18 mSv}].

### Exposición del radiólogo a la radiación

En las tres técnicas guía descritas anteriormente el radiólogo permanece en el interior de la sala durante la realización del procedimiento. La exposición a la radiación de las manos del radiólogo es de especial importancia. Existen dispositivos para sujetar las agujas que reducen la dosis de radiación sobre la mano del radiólogo mientras se realiza una TC fluoroscopia (Kato et al., 1996; Schmidt et al., 1993), aunque estos dispositivos pueden ser engorrosos además de dificultar la sensación táctil por parte del radiólogo que realiza la prueba.

Se ha descrito un método, en el que el radiólogo quita su mano del plano de imagen durante la exposición a rayos X, siempre y cuando no se necesite imagen a tiempo real, tratando de minimizar la exposición a la radiación (Kato et al., 1996; Teeuwisse et al., 2001; Berná-Serna et al., 2004).

La dosis de radiación acumulativa para radiólogos que realizan este procedimiento, se ha estimado en menos de 0,1 mSv. (Teeuwisse, Geleijns, Broerse, Obermann, y Van Persijn van Meerten, 2001; Berná-Serna et al., 2004).

Además de retirar la mano fuera del campo de radiación, los radiólogos pueden minimizar todavía más la exposición retirándose hacia atrás durante la CT fluoroscopia, ya que el efecto de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. La fluoroscopia convencional sigue siendo la técnica estándar en la inyección intraarticular de contraste en la TC artrografía (Binkert et al., 2003) debido a su precisión como técnica de guía y su baja dosis de radiación. La TC fluoroscopia y la TC convencional son alternativas a la fluoroscopia convencional. Los tiempos del examen y el tiempo de radiólogo no fueron significativamente diferentes.

La TC se ha utilizado como guía de numerosos procedimientos intervencionistas (Haaga, y Alfidi, 1976; Mueller, y Vansonnenberg, 1990). Una de las limitaciones principales de la guía en el procedimiento artrográfico a través de la TC convencional es la falta de una visualización del proceso en tiempo real, ya que la guía se realiza a través de imágenes estáticas que se obtienen durante el procedimiento intervencionista.

La TC fluoroscopia y la TC convencional son modalidades diagnosticas que pueden servir como alternativa a la fluoroscopia convencional en la realización de la TC artrografía. Sin embargo, las dosis de radiación requeridas cuando se realiza a través de una guía mediante TC son mayores que aquellas que utilizan como método guía la fluoroscopia convencional. Sin embargo, optimizando los parámetros de la TC de forma adecuada se podría reducir la dosis de radiación un 8%. (Binkert et al., 2003).

Los sistemas de fluoroscopia mediante TC que han aparecido recientemente permiten obtener imágenes en tiempo real, y son técnicas que están disponibles para la práctica clínica (Katada et al., 1996).

La eficacia clínica de la fluoroscopia por TC tanto para el diagnóstico como para las aplicaciones terapéuticas han sido descritas por numerosos autores. (Kickuth, Kirchner, Laufer, Sanner, Haske, et al., 2000; Gianfelice, Lepanto, Perreault, Chartrand-Lefebvre, y Milette, 2000a; Gianfelice, Lepanto, Perreault, Chartrand-Lefebvre, y Milette, 2000b; Schweiger et al., 2000a; Schweiger, 2000b; Schweiger, Brown, Pelsang, Dhadha, Barloon, y Wang, 2000c; Hirose, Mori, Machida, Tominaga, Yokoi, y Adachi, 2000; LeMaitre, Mestdagh, Marecaux-Delomez, Valtille, Dubrulle, et al 2000; Takayasu, Muramatsu, Muramatsu, y Kobayashi, 1999; De Mey, Op de Beeck, Meysman, Noppen, De Maeseneer, et al., 2000; Ernst, Kim, Kawashima, Middlebrook, y Sandler, 2000; Daly, y Templeton,

1999; Froelich, Saar, Hoppe, Ishaque, Walthers, et al., 1998; Kirchner, Kickuth, Walz, Schilling, Laufer, y Liermann, 1999; White, Meyer, y Templeton, 2000). No obstante, en pocos estudios se ha comparado la TC fluoroscopia con la TC convencional como método guía para la realización de procedimientos intervencionistas. (Froelich et al., 1998; Carlson et al., 2001).

El procedimiento mediante la TC fluoroscopia es útil en el abordaje para la obtención de biopsias en lesiones móviles como aquellas que se encuentran en el tórax (Daly, y Templeton, 1999). Sin embargo, la dosis de radiación generada es mucho mayor que la producida por el TC convencional. Al comparar la TC fluoroscopia con la TC convencional sobre un fantoma (Sheafor et al., 2000) en la realización de procedimientos de intervencionismo de abdomen (Carlson et al., 2001; Silverman et al., 1999), se observó una disminución del tiempo del examen y por tanto menor tiempo de radiólogo, lo cual también es extrapolable en la realización del procedimiento de artrografía de hombro (Binkert et al., 2003).

Una desventaja potencialmente inherente de la TC fluoroscopia es el incremento en la exposición a la radiación tanto para el paciente como para el radiólogo. Sin embargo, en un reciente estudio comparativo, se ha demostrado menor dosis de radiación en la TC fluoroscopia respecto a la TC convencional (Binkert, 2003).

La fluoroscopia convencional usa mucha menos dosis de radiación que cualquiera de los métodos de TC descritos anteriormente. Se ha publicado en un estudio con 64 pacientes (Binkert et al., 2003) que la dosis efectiva de radiación era más de 100 veces menor usando fluoroscopia convencional que mediante el uso de guía por TC en la realización de la inyección intraarticular de contraste en la artrografía de hombro. Por este

motivo la técnica de elección como método guía para la realización del procedimiento artrográfico sigue siendo la fluoroscopia convencional, aunque se puede utilizar tanto la TC convencional como la TC fluoroscopia, principalmente esta última por haber demostrado tiempos de exposición más cortos, (Daly, y Templeton, 1999; Sheaffer et al., 2000; Binkert et al., 2003).

El empleo de fluoroscopia intermitente puede ser utilizado en aquellos casos en los que no es necesaria la obtención de imagen continua en tiempo real. (Carlson et al., 2001; Silverman et al., 1999; Teeuwisse et al., 2001).

La dosis acumulativa anual de radiación, como se ha comentado anteriormente, para aquellos radiólogos que realizan procedimientos artrográficos de forma regular utilizando como método guía la fluoroscopia intermitente ha sido estimado como inferior a 0.1 mSv. (Teeuwisse et al., 2001; Berná-Serna et al., 2004). Además la utilización de un protector plomado principalmente alrededor del cuello del paciente para proteger el tiroides reduce la exposición a la radiación dispersa. (Nawfel, Judy, Silverman, Hooton, Tuncali, et al, 2000).

### *Protección Radiológica*

La finalidad principal de la Protección Radiológica es garantizar una protección adecuada tanto para el hombre como para el medio ambiente sin limitar de forma no justificada la realización de pruebas diagnósticas en las que se emplea radiaciones ionizantes y que han demostrado evidencia científica suficiente en beneficio de la salud de los pacientes (S.E.P.R, 2002).

Mediante la aplicación de normas de protección radiológica, se debe conseguir prevenir la incidencia de efectos biológicos deterministas que son aquellos que requieren una dosis umbral para su aparición, es decir, que se producen por encima de un determinado valor de dosis, de forma que su gravedad aumenta con el incremento de la dosis recibida.

Los efectos estocásticos (probabilísticos), son aquellos que de forma aleatoria pueden aparecer o no, aunque la probabilidad de aparición aumenta según se incrementa la dosis recibida.

La prevención de los efectos deterministas queda garantizada estableciendo unos límites de dosis por debajo de la dosis umbral. Para los efectos estocásticos, al asumir la hipótesis de que no existe dosis umbral conocida, estamos obligados a mantener los niveles de dosis tan bajos como razonablemente sea posible, con la finalidad de reducir la probabilidad de su inducción.

Para conseguir estos objetivos, se deben aplicar los principios del Sistema de Protección Radiológica propuestos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP):

-Los diferentes tipos de actividades que implican una exposición a las radiaciones ionizantes deben estar previamente justificados por las ventajas que proporcionen, frente al detrimento que puedan causar.

-Las dosis individuales, el número de personas expuestas y la probabilidad de que se produzcan exposiciones potenciales, deberán mantenerse en el valor más bajo que sea razonablemente posible, teniendo en cuenta factores económicos y sociales.

-La suma de dosis recibidas no debe superar los límites de dosis establecidos en la legislación vigente, para los trabajadores expuestos, las personas en formación, los estudiantes y los miembros del público.

Para el cumplimiento de las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, y de acuerdo con lo establecido en la legislación comunitaria (Directiva 97/43/Euratom) y en el Real Decreto 1132/1990 sobre Protección Radiológica de las personas sometidas a exámenes y tratamientos médicos, así como los Reales Decretos por los que se establecen los criterios de calidad en radiodiagnóstico, se exige que todas las exposiciones de los actos médicos que utilicen radiaciones ionizantes cumplan los siguientes criterios:

-Estar justificadas por el médico prescriptor, y el especialista en diagnóstico por imagen.

-Realizarse con la mínima dosis necesaria.

-Bajo la responsabilidad de un especialista médico.

Por ello se establece como objetivo fundamental la implantación de Programas de Garantía de Calidad que establezcan los criterios de calidad en radiodiagnóstico (RD 1976/1999), así como la justificación del uso de las radiaciones ionizantes, haciendo hincapié en la protección radiológica de las personas expuestas en los distintos procedimientos médicos (RD 815/2001).

Los procedimientos diagnósticos siempre se deben de optimizar para reducir las dosis de radiación sin que ello afecte a la calidad de la imagen y del diagnóstico.

Así, los procedimientos terapéuticos y diagnósticos, deben de realizarse a partir de protocolos establecidos que garanticen su calidad.

Los procedimientos de radiodiagnóstico suponen la principal causa de irradiación artificial de la población, siendo actualmente la fundamental fuente de dosis efectiva colectiva. En los países desarrollados llega a alcanzar valores promedio de dosis similares a los de la irradiación natural (Sociedad española de protección radiológica S.E.P.R, 2002).

Los servicios de Radiodiagnóstico están obligados a implantar un Programa de Garantía de Calidad, según el artículo 2 del RD 1976/1999 para establecer los criterios de optimización de la calidad de las imágenes y la protección radiológica del paciente, de modo que las dosis recibidas por los trabajadores expuestos y los miembros del público sean tan bajas como razonablemente pueda conseguirse (criterio ALARA), siendo una responsabilidad compartida entre el radiólogo, el radiofísico hospitalario, los enfermeros de la unidad y los técnicos en radiodiagnóstico.

## **2.6 Técnica de Artrografía**

La artrografía se realiza habitualmente bajo control fluoroscópico lo que condiciona la dosis de radiación que recibe el paciente y el tiempo necesario para llevar a cabo el procedimiento. Como método para seleccionar el sitio de punción intraarticular se usa de forma estándar la fluoroscopia convencional, aunque otros métodos guía también pueden utilizarse como ultrasonidos, TC, RM o palpación de referencias anatómicas (Cerezal, Abascal, García-Valtuille, y Del Piñal, 2005). La inserción intraarticular de la aguja bajo control fluoroscópico precisa un tiempo que va a tener repercusión en la dosis de radiación recibida tanto por el paciente como por el radiólogo (Berná-Serna, Martínez, Reus, Alonso,

y Domenech-Ratto, 2006b). Estos aspectos se minimizan cuando el procedimiento es realizado por un radiólogo experto. Este procedimiento se puede realizar mediante el uso de fluoroscopia continua que es lo más comúnmente empleado, aunque también se describe el procedimiento a través de fluoroscopia intermitente (Binkert et al., 2003).

La clave del éxito de la artrografía es el uso de un método sistemático para determinar de forma precisa el sitio de punción, mediante el empleo de un abordaje sencillo y fácilmente reproducible. Debe de ser fácil de aprender tanto por residentes como por radiólogos con poca o ninguna experiencia en artrografía.

Para evitar la difusión del contraste se precisa de una buena coordinación entre la sala de radiología convencional, donde se realiza la punción e inyección del contraste intraarticular, y la sala de RM o de TC. El tiempo de tránsito entre ambas salas debe ser el mínimo posible (< 15-20 minutos). Esto conlleva un incremento secundario del tiempo del estudio y del coste de la exploración (Cerezal et al., 2005).

Los distintos pasos dentro del procedimiento artrográfico son idénticos en las distintas articulaciones tanto de la extremidad superior como de la inferior (Cerezal et al., 2006a; Cerezal, Abascal, Canga, García-Valtuille, y Rolon, 2006b).

Nuestro grupo de trabajo ha desarrollado un método de artrografía de muñeca fácil y reproducible (Berná-Serna et al., 2006b), que consiste en la utilización de una placa adhesiva con coordenadas radioopacas, que permite la inserción intraarticular de la aguja sin necesidad de guía fluoroscópica. Este marcador adhesivo se sitúa sobre la piel, una vez desinfectada convenientemente, a continuación se obtiene una imagen radiográfica y mediante las coordenadas radioopacas se selecciona el sitio para la punción, de forma que

con tres o cuatro imágenes radiográficas es suficiente para confirmar la inyección intraarticular del contraste sin necesidad de utilizar guía fluoroscópica en ningún momento.

#### *Descripción de la placa*

La placa adhesiva con coordenadas radioopacas es de plástico flexible con una red de agujeros (Patente número 200002983- España). Tras haber colocado al paciente en la mesa de fluoroscopia y realizar rigurosas medidas de asepsia, se coloca el marcador de coordenadas radioopacas sobre la piel del área de interés, permitiendo de este modo la identificación del sitio de inserción de la aguja más apropiado. (Figura 17). Una vez seleccionado el sitio de punción, se procede a introducir la aguja en el espacio intraarticular siguiendo un trayecto completamente perpendicular. (Figura 18). Esta técnica se usó para la realización de artrografía de muñeca (Berná-Serna et al., 2006a).

#### *Técnica de artrografía de muñeca*

En la artrografía de muñeca la placa adhesiva se coloca sobre la piel. En el caso de la muñeca la artrografía se acepta como técnica de elección en pacientes con dolor crónico de muñeca para la valoración del fibrocartílago triangular y de los ligamentos intrínsecos de la muñeca. Los problemas de esta técnica se basan en la necesidad de una guía fluoroscópica con la consecuente dosis de radiación sobre el paciente y sobre el examinador.

Obviamente la radiación de este procedimiento puede minimizarse si la técnica es realizada por un radiólogo experto como en cualquier otro procedimiento artrográfico. Gracias al uso de la placa de coordenadas radioopacas se puede realizar la artrografía de

muñeca con una mínima dosis de radiación sobre el paciente y sin necesidad de someterse a radiación por parte del radiólogo.

De igual modo, la artrografía de hombro, se puede optimizar, mediante el empleo de la placa de coordenadas radioopacas, que sirve de guía para la selección del punto de abordaje para la inyección intraarticular de contraste. De este modo, se consigue realizar con éxito todos los artrogramas incluso en aquellos pacientes con hombros más complicados, debido a importante artrosis o a cambios postquirúrgicos.

Un ejemplo del uso de la placa con coordenadas radioopacas en la artrografía de muñeca (Figura 17). De forma similar se aplicaría para llevar a cabo la artrografía de hombro. Los distintos pasos dentro del procedimiento artrográfico son idénticos en las distintas articulaciones tanto de la extremidad superior como de la inferior (Cerezal et al., 2006a; Cerezal et al., 2006b).



Figura 17. En la imagen superior izquierda se muestra la placa de coordenadas radioopacas y cómo se despega el adhesivo. En la imagen superior derecha se muestra su aplicación sobre la piel de la muñeca, y en la imagen inferior se visualiza la inserción de la aguja a través de los agujeros de la placa.

A continuación, se describe el procedimiento de la artrografía de la muñeca superponible a la articulación del hombro (Berná-Serna et al., 2006b). El procedimiento artrográfico descrito previamente sin necesidad de fluoroscopia, (Berná-Serna et al., 2006a) consiste en tres etapas:

1. Se coloca la placa adhesiva de coordenadas radioopacas sobre la piel de la muñeca (Figura 18a). La placa es estéril y de un solo uso, y sus dimensiones son 6 cm x 6 cm. Antes de colocar el adhesivo se procede a una limpieza exhaustiva de la piel, para lograr su completa asepsia, ya que se debe evitar complicaciones

indeseables como una artritis séptica, que es la complicación más temida y de difícil resolución.

2. Posteriormente, se debe seleccionar el sitio de punción más adecuado. La muñeca se debe colocar en posición de prono sobre la mesa de fluoroscopia y se obtiene una imagen radiográfica con la placa sobre la piel (Figura 18b). Esta imagen permite seleccionar el orificio de la placa más apropiado tanto para la punción en el área radial como en la cubital sin necesidad de guía fluoroscópica. El abordaje del espacio radiocarpiano puede hacerse desde el lado radial (región radioescafoidea o radiolunar) o desde el lado cubital. Para evitar la opacificación del compartimento mediocarpiano, se debe evitar realizar la punción en el área correspondiente al ligamento escafolunar (Dalinka, Osterman, Albert, y Harty, 1981). Además, en el espacio radial es necesario tener presente el borde radial, sobre todo cuando se realiza la punción en el espacio radiolunar. Si la punción, se realiza en esta zona, la aguja debe de pasar distal al borde radial y debe angularse en la dirección craneal. Si la punción se realiza en el espacio cubital, el orificio de la placa seleccionado, debe de ser el superpuesto al borde proximal del piramidal en el margen radial del pisiforme. El espacio que se utiliza con mayor frecuencia en la realización de la artrografía de muñeca es el radiocarpiano.

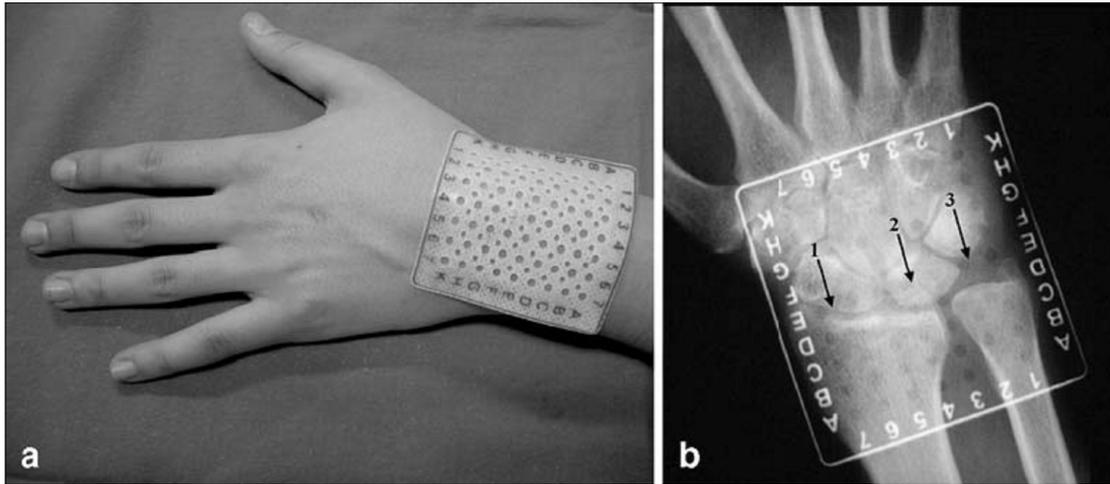


Figura 18. a. Imagen que muestra la placa con coordenadas radioopacas colocada sobre la muñeca. b. Imagen radiográfica que muestra las coordenadas radioopacas y los posibles sitios de punción en la articulación 1 Región radioescafoidea; 2 radiolunar; 3 región cubital.

3. Inserción de la aguja. Se utiliza una aguja de 25-gauge y se introduce por el orificio de la placa seleccionado. La posición de la aguja se confirma con la obtención de una imagen radiográfica de la muñeca, y cuando se percibe pérdida de la resistencia indica que la aguja se ha introducido dentro del espacio articular (Figura 19a). Se coloca un tubo conector a la aguja y a través de él, se inyecta el contraste. Inicialmente se introduce una pequeña cantidad de contraste y progresivamente se va introduciendo más, hasta un volumen total de 3 a 5 ml.

Durante la inyección del contraste, se van obteniendo imágenes donde se evalúa con detalle cualquier posible comunicación entre la articulación mediocarpiana y/o la articulación radiocubital distal (Figura 19b).



Figura 19. Paciente de 50 años con dolor crónico en el lado cubital de la muñeca. a. Artrograma que muestra la articulación radiocarpiana confirmando la distribución del material de contraste; b. Artrograma que muestra la comunicación entre la articulación radiocarpiana y la articulación radiocubital distal, lo que indica ruptura del fibrocartílago triangular.

### **3. HIPÓTESIS**

Las hipótesis planteadas en la presente Tesis Doctoral son las siguientes:

-La utilización de una placa con coordenadas radioopacas facilita la realización de la artrografía de hombro sin necesidad de guía fluoroscópica.

-Consideramos que el área correspondiente al tercio superomedial de la cabeza humeral es la más adecuada para realizar la punción en la artrografía de hombro.

-La crema anestésica EMLA<sup>®</sup> (lidocaina/prilocaina) reduce la ansiedad y el discomfort experimentado por los pacientes durante la artrografía de hombro y es una alternativa a la infiltración subcutánea de anestésicos.

-La realización del procedimiento artrográfico mediante el sistema con coordenadas radioopacas reduce la dosis de radiación que recibe el paciente.

## **4. OBJETIVOS**

Los objetivos planteados en la presente Tesis Doctoral fueron los siguientes:

1. Describir un procedimiento sistemático de artrografía de hombro que facilite su aprendizaje.
2. Comparar los tres sitios de punción por vía anterior para determinar la vía de abordaje más sencilla, rápida y eficaz.
3. Evaluar la eficacia de la crema anestésica EMLA<sup>®</sup> para la realización de la artrografía de hombro.
4. Minimizar la dosis de radiación que recibe el paciente durante el procedimiento artrográfico.

## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

## 5.1 Pacientes

Los criterios de inclusión de los pacientes en los estudios realizados fueron los siguientes: inestabilidad glenohumeral, dolor crónico de hombro, sospecha de ruptura del manguito rotador y capsulitis adhesiva.

Los criterios de exclusión fueron fractura de hombro, tratamiento anticoagulante o problemas de coagulación, historia personal de alergia al contraste yodado, infección o inflamación articular.

Los trabajos llevados a cabo fueron aprobados por el comité ético del hospital y en todos los pacientes se obtuvo el consentimiento informado por escrito.

En todos los pacientes se extremaron las medidas de asepsia mediante el empleo de paños estériles, desinfección de la piel con Betadine<sup>®</sup> y empleo de material de un solo uso para realizar la punción. La posibilidad de una infección articular, supone una grave complicación, por lo que las medidas de prevención deben de ser rigurosas.

Para establecer la validez de la placa de coordenadas radioopacas en la realización de la artrografía de hombro, como ya se había publicado en la artrografía de muñeca (Berná-Serna et al., 2006a), se realizaron en un primer momento 46 artrogramas glenohumerales en 45 pacientes, en un paciente se evaluaron ambos hombros. (Berná-Serna et al., 2006b). Los pacientes fueron estudiados por inestabilidad glenohumeral (n=25), sospecha de ruptura del manguito rotador (n=12) y dolor crónico del hombro (n=8).

Para valorar el impacto sobre la reducción de la dosis de radiación en los pacientes sometidos al procedimiento artrográfico, utilizando la placa adhesiva de coordenadas

radioopacas, se realizó un estudio preliminar sobre 35 hombros de 34 pacientes, con edades comprendidas entre 15 y 75 años y una edad media de 44 años (Campos et al., 2009).

Para determinar el sitio de punción óptimo de abordaje anterior en la artrografía de hombro y ampliar los estudios preliminares se realizaron exámenes artrográficos de hombro en 78 pacientes, que fueron distribuidos en tres grupos de 26 pacientes de forma aleatorizada en bloques, de forma que en el grupo 1 la punción se realizó en el tercio superomedial de la cabeza humeral, en el grupo 2 en el tercio inferomedial de la cabeza humeral y en el grupo 3 en el espacio articular glenohumeral. La mitad de los exámenes artrográficos de cada grupo fueron realizados por un radiólogo con más de 15 años de experiencia en artrografía, mientras que la otra mitad de los procedimientos fue llevada a cabo por un residente en formación. Los 78 pacientes de este estudio (50 hombres y 28 mujeres) fueron evaluados de forma consecutiva. La edad media fue de 45,2 años (rango entre 15 y 75 años). El motivo del examen fue inestabilidad glenohumeral (n=43), dolor crónico del hombro (n=20), sospecha de ruptura de los tendones del manguito rotador (n=14) y capsulitis adhesiva (n=1).

## **5.2 Técnica**

Antes de realizar el procedimiento artrográfico se aplicaron aproximadamente dos gramos de la crema EMLA<sup>®</sup> sobre la piel correspondiente a la zona de la articulación glenohumeral (Figura 20a) y se cubrió con un apósito durante 20-60 minutos (media de 35 minutos) (Figura 20b). La crema fue retirada antes de proceder al examen artrográfico.

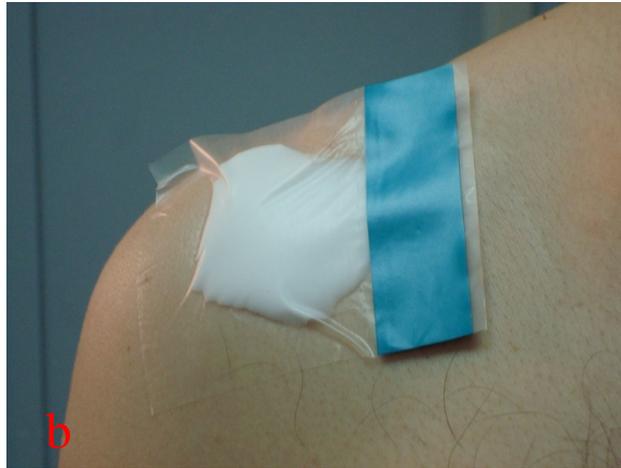


Figura 20. a. Aproximadamente 2 gramos de la crema anestésica EMLA (2,5% lidocaina y 2,5% prilocaina) se aplican en la zona de la articulación glenohumeral sobre la que se va a realizar la punción 20-60 minutos antes del procedimiento. b. Apósito que cubre la crema.

### Determinación del sitio de punción

Los pacientes se colocaron en decúbito supino sobre una mesa de fluoroscopia Siregraph CF (Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany) con el hombro en rotación externa. En aquellos casos en los que esa posición causaba molestias o era imposible de alcanzar, el hombro se situó en rotación neutra. Como se ha referido anteriormente se aplicaron medidas de rigurosa asepsia y se colocó sobre la cabeza humeral y la articulación glenohumeral una placa adhesiva con coordenadas radioopacas. (Figura 21 y Figura 22).

El tubo de rayos X se colocó perpendicular a la zona de interés. Esto es fundamental para lograr que la aguja avance de forma paralela al haz de rayos X. De este modo, una vez colocado el dispositivo, se obtendría una imagen radiológica y se determinaría el sitio de punción adecuado. Los tres sitios que se usaron mediante abordaje anterior para realizar los exámenes artrográficos fueron: tercio superomedial de la cabeza humeral, tercio inferomedial de la cabeza humeral, y el espacio articular glenohumeral. La configuración de estas áreas se obtiene trazando una línea horizontal desde el centro de la línea esclerótica que se corresponde con el cuello anatómico de la cabeza del húmero y extendiendo la línea hasta el margen de la cortical de la cabeza humeral. (Figura 23).



Figura. 21. Varón de 45 años con la placa de coordenadas radioopacas colocada en el área de interés.

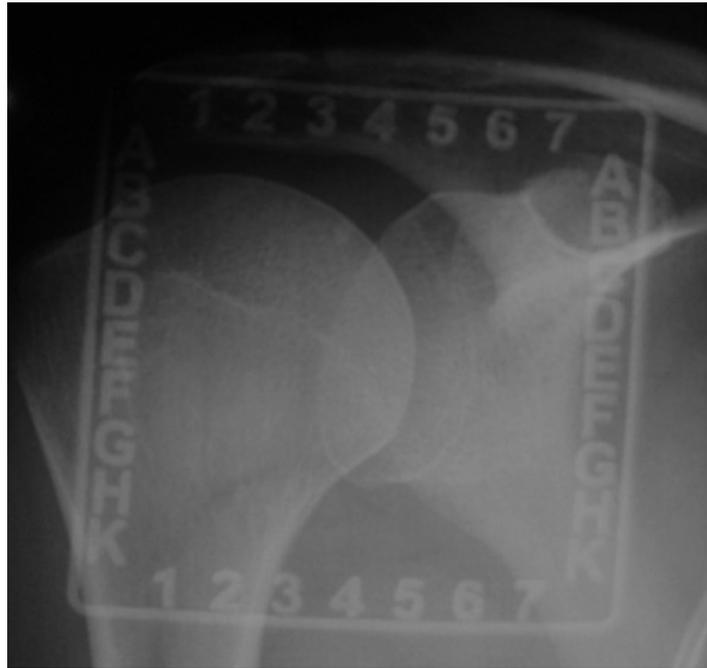


Figura 22. Imagen radiográfica de la placa de coordenadas radioopacas que nos permite seleccionar el punto óptimo de punción.

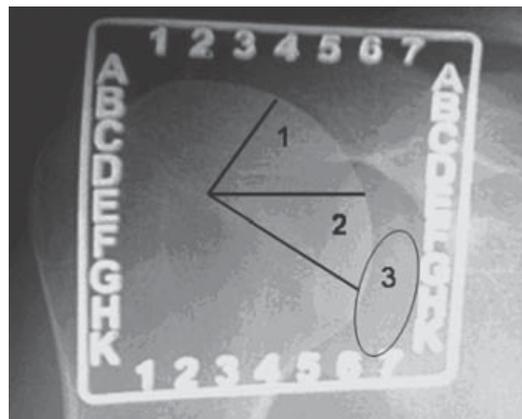


Figura 23. Imagen con la placa de coordenadas radioopacas que muestra la configuración de los sitios de punción: tercio superomedial (1), inferomedial (2) y espacio articular glenohumeral (3), a partir del trazado de una línea horizontal que se dirige desde el centro de la línea esclerótica del cuello humeral hasta la cortical medial.

### Inserción de la aguja:

Para realizar la punción se utilizó una aguja de 22-G (40mm) o de 22-G (88mm) de tipo espinal. En los exámenes correspondientes al tercio superomedial o inferomedial la aguja avanzó verticalmente en dirección anteroposterior de forma progresiva y lentamente hasta que contactó con la cabeza humeral, y cuando el procedimiento fue llevado a cabo en el espacio articular glenohumeral, la aguja fue insertada hasta que se percibió baja resistencia. Posteriormente, se obtuvo una imagen radiográfica para confirmar la localización del extremo distal de la aguja (Figura 24). Una vez que se consideró que la aguja se había introducido correctamente en el espacio articular, se inyectó una pequeña cantidad de anestésico (2% de mapivacaina), lo que se conoce como test anestésico. Si la aguja se encuentra correctamente posicionada no se produce resistencia en la inyección del anestésico. Sin embargo, si la aguja se sitúa en el cartílago hialino se produce un incremento de resistencia en la inyección del anestésico, perceptible con facilidad y que se puede solucionar con una pequeña manipulación de la aguja rotándola y retirándola suavemente, o rotando internamente el hombro de modo que se facilite la situación intraarticular de la aguja.

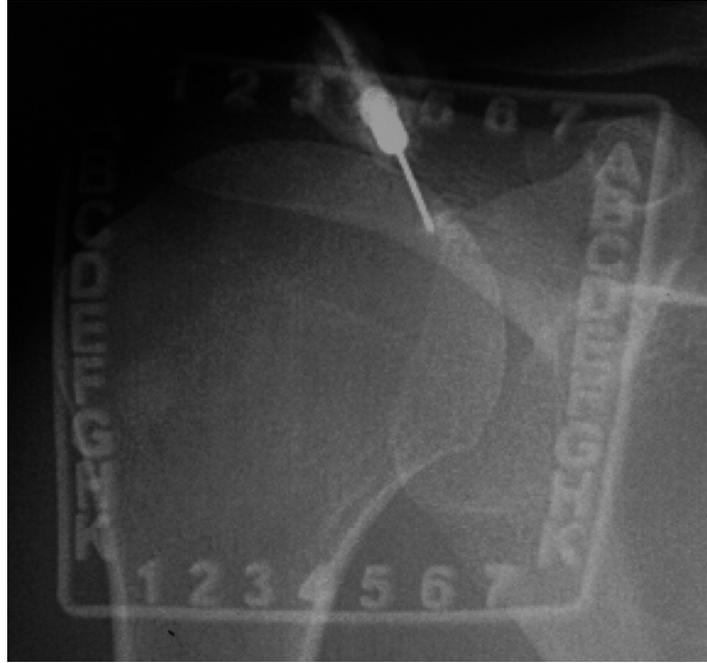


Figura 24. Imagen radiográfica de la placa de coordenadas radioopacas sobre la articulación glenohumeral y de la aguja introducida en el punto elegido (6C).

Inyección del material de contraste:

Una vez obtenido un test anestésico positivo que casi siempre indica posicionamiento satisfactorio de la aguja en el espacio articular, se inyectó una pequeña cantidad de material de contraste yodado (Ultravist 330; Bayer Health Care), para verificar la colocación correcta de la aguja. (Figura 25).



Figura 25. Artrográfico de confirmación de la inyección intraarticular del contraste. Se observa la correcta distribución intraarticular del material de contraste.

Posteriormente, una solución entre 2ml a 4ml de gadopentato de dimeglumina (Magnevist<sup>®</sup>; Bayern Helthcare), se diluyó en 100 ml de suero salino estéril. Es esencial asegurarse que no se introduce aire intraarticular para evitar artefactos en el estudio de RM. De la solución anteriormente descrita se inyectó aproximadamente 14 ml (rango de 9-20 ml), produciendo distensión capsular (Figura 26). Finalmente, se retira la aguja y se coloca un apósito sobre el punto de punción.

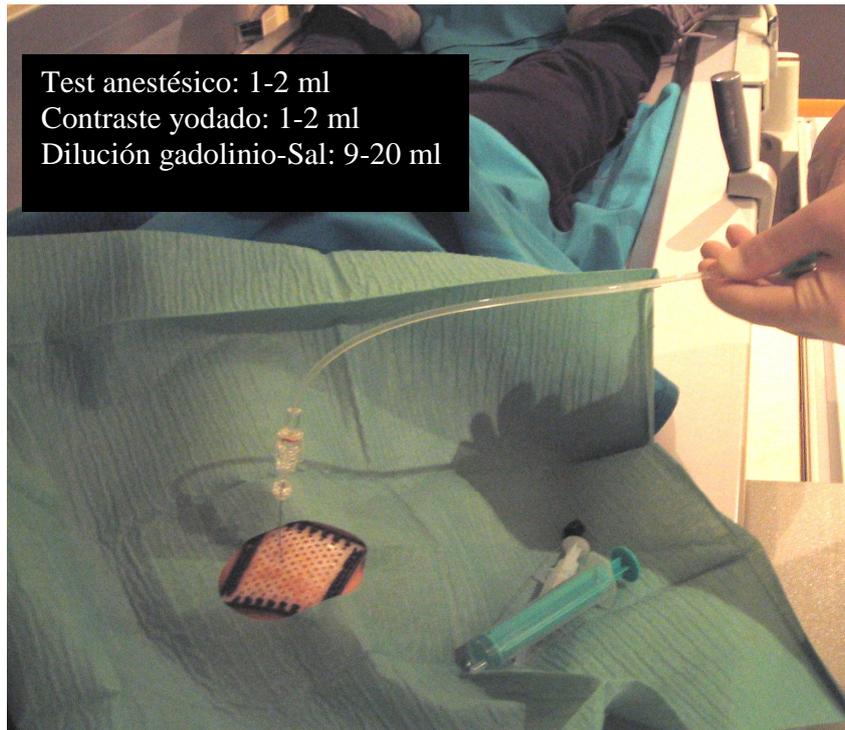


Figura 26. Técnica artrográfica del hombro.

El estudio de RM se llevó a cabo a continuación del procedimiento artrográfico. En todos los casos se obtuvieron imágenes de buena calidad (Figura 27).

# BUENA COORDINACION



Figura 27. Imagen de la sala de fluoroscopia y de la sala de resonancia magnética. Debe de existir una excelente coordinación entre el personal de ambas salas para la correcta realización del examen.

### **5.3 Dosimetría**

En ningún momento del estudio artrográfico se utilizó fluoroscopia. El hecho de no hacer un seguimiento continuo con fluoroscopia de la inserción de la aguja o de la distribución del contraste permitió que el radiólogo permaneciese fuera de la sala mientras se adquirían las imágenes.

Las imágenes radiográficas fueron obtenidas con un equipo fluoroscópico Siregraph CF (Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany) incluido en el Programa de Garantía de Calidad de nuestro hospital. El tubo de rayos X sobre la mesa permitió utilizar el localizador luminoso del colimador para el centrado inicial del sistema de coordenadas en la imagen. La proyección del campo de luz sobre la superficie del paciente en artrografía de hombro es una herramienta útil que ya ha sido utilizada en otros estudios para reducir el tiempo de fluoroscopia y la dosis de radiación recibida por el paciente (Hayt, 1987).

#### Dosimetría

El kerma en aire en la superficie de entrada del paciente (KASE) es una de las magnitudes dosimétricas más ampliamente utilizadas en radiodiagnóstico. Está relacionada con la dosis absorbida mediante una serie de factores que podemos considerar próximos a la unidad, por lo que KASE y dosis absorbida se consideran la misma magnitud en el caso del radiodiagnóstico.

El KASE para cada proyección se calculó a partir de los parámetros técnicos y geométricos y del rendimiento del equipo:

$$KASE(mGy) = \Gamma \cdot mAs \cdot \left( \frac{DFS}{DFR} \right)^2$$

dónde  $\Gamma$  (mGy/mAs) es el rendimiento medido con un conjunto calibrado de cámara de ionización 20X5-3N conectada a un electrómetro 2025 AC (Radcal Corporation), a una distancia de referencia (DFR) y libre de retrodispersión. La variación de  $\Gamma$  en función del kVp, que presentaba una tendencia cuadrática ( $R^2 = 0,999$ ), fue considerada para el cálculo del KASE. El parámetro DFS, corresponde a la distancia desde el foco hasta la superficie de entrada del paciente.

#### Riesgo asociado a la exploración

Como estimadores del riesgo de radiación asociado a la exploración se utilizaron la dosis absorbida en órganos de riesgo (pulmones, tiroides, médula ósea y corazón) y la dosis efectiva.

El cálculo de la dosis efectiva requiere el conocimiento de la dosis equivalente en unos determinados órganos marcados por la ICRP (Comisión internacional de protección radiológica).

#### 5.4 Recogida de datos

Se midió la intensidad de dolor durante el procedimiento artrográfico mediante el empleo de dos escalas, una escala verbal y otra cuantitativa. La escala verbal consta de 6 puntos (0 = No dolor, 1= Leve, 2= Moderado, 3= Intenso, 4= Muy intenso y 5= Insoportable). La escala cuantitativa usada fue la escala analógica visual (VAS score), con un rango que oscila desde 0= No dolor hasta 10= Dolor insoportable (Figura 28).

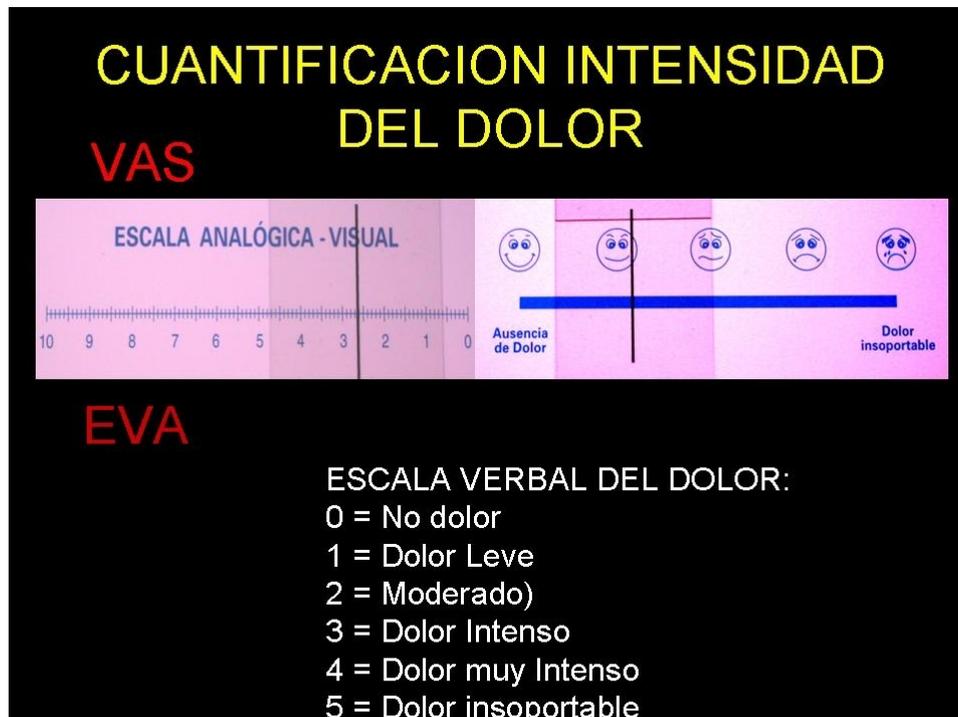


Figura 28. Imagen con las dos escalas de registro del dolor en la artrografía de hombro. Escala analógica visual (VAS) y escala verbal.

También se preguntó a los pacientes si tenían miedo a las agujas, si repetirían la prueba y si preferirían una RM convencional sin inyección de contraste o una RM con inyección de contraste intraarticular, siendo esta última más precisa para su diagnóstico. También se evaluó si la prueba había sido más o menos dolorosa respecto a sus expectativas previas. Igualmente se registraron las complicaciones inmediatas dentro de los treinta minutos siguientes a la realización de la prueba.

Se registró si el hombro se encontraba en rotación externa o en posición neutra durante la prueba, y si había existido reposición de aguja durante el procedimiento. Se anotó el tiempo del radiólogo, que se consideró el tiempo desde que se colocó la placa adhesiva de coordenadas radioopacas hasta que se retiró la aguja. Ese tiempo fue registrado por un técnico de rayos. El tiempo de exposición a la radiación fue recogido por un radiofísico. Tanto el técnico de radiodiagnóstico como el radiofísico nunca supieron el tipo de aproximación artrográfica ni el punto de inyección elegido en ninguno de los casos.

En todos los casos en el estudio de RM se comprobó si existía presencia de material de contraste extraarticular (extravasado) o algún tipo de alteración de las estructuras anatómicas intraarticulares secundarias a la inyección, como por ejemplo inyección dentro del tendón del bíceps braquial.

### Dosimetría

En todos los pacientes se midió la distancia desde el foco hasta la superficie de entrada del paciente (DFS) así como el tamaño del campo de radiación (S). Los parámetros técnicos tales como la tensión pico (kVp), el tiempo de exposición y la carga del tubo de

RX (mAs), que se pueden leer en la consola de operación del equipo, fueron registrados para cada exposición.

#### *Riesgo asociado a la exploración*

La dosis equivalente en los órganos se calculó mediante la simulación por Monte Carlo utilizando la versión libre del software (PCXMC versión 1.5.1 Software; Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety (STUK), Helsinki, Finland) (<http://www.stuk.fi/pcxmc>), que proporciona tanto la dosis a órganos como la dosis efectiva. Este software utiliza como parámetros de entrada: características anatómicas del paciente (espesor del hombro en centímetros), geometría de la exploración y el kerma en aire a la entrada del paciente sin retrodispersión. Se simuló un espectro de rayos X comparable al del equipo de telemando utilizado y generado a partir de los siguientes parámetros: 80 kVp, 12° de ángulo anódico y filtración de 2.9 mm de Aluminio (Al.).

A continuación se muestran los cuestionarios con las variables registradas y las distintas posibilidades valoradas para cada variable e imagen del consentimiento informado escrito firmado por todos los pacientes (Figuras 29, 30, 31).

- **ESTUDIO DE ARTRORRM DE HOMBRO**
- Nombre y apellidos:
- **V3** Edad:
- **V2** Sexo:  1-H  2-V
- Coagulopatía:  Sí  No
- **V20-** IC (indicación clínica):  1 luxación aguda
- 2 Hombro inestable
- 3 Rotura del manguito de los rotadores
- 4 Dolor crónico del hombro
- 5 Hombro congelado
- 6 Otros
- **V21-** Hombro :  1 Derecho  2 Izquierdo
- **V22-** Distancia de piel-articulación glenohumeral: MM con eco
- **V19-** IMC
- **V23-** Posición del brazo:  1 neutra  2 rotación externa
- **V24-** Punto de punción:  1 superomedial
- 2 Inferomedial
- 3 Espacio articular glenohumeral
- **V25-** Calibre de la aguja:
- Longitud de la aguja
- Examinador :  1 Residente  2 Adjunto
- **V26-** Reposición de la aguja:  1 No  2 Si
- **V27-** Volumen de contraste inyectado:
- **V28-** Tiempo total de fluoroscopia:
- **V29-** Tiempo de radiólogo:
- **V12** Escala de dolor:  0 No dolor ,  1 leve ,  2 discomfort,  3 moderado,  4 intenso,  5 insoportable
- **V30-** Extravasación de contraste:  1 No  2 Si
- **V31-** Complicaciones:  1 Ninguna
- 2 Reaccion vasovagal
- 3 Reacción alérgica al contraste
- 4 Hematoma
- 5 Celutitis
- 6 Artritis séptica

Figura 29. Resumen de variables registradas en cuestionario 1.

- **CUESTIONARIO SOBRE ARTROGRAFÍA**
- **V1 MEDICO:** 1- Adjunto 2- Residente
- **V2 SEXO:** 1- Hombre 2- Mujer
- **V3 EDAD:**
- **V4 Practica deporte:**
- 1- Nunca 2- Poco 3- Con frecuencia 4- Mucha frecuencia 5- Todos los días
- **V5 ¿Está en lista de espera de cirugía?** 1- Si 2- No
- **V6 Antes de venir hoy, el traumatólogo me ha explicado el procedimiento de artroRM:**
- 1- Con detalle 2- Brevemente 3- Nada
- **¿Qué es lo que más miedo le produce?**
- **-V7 El posible dolor:**
- 1- Nada 2- Un poco 3- Moderado 4- Bastante 5- Muchísimo miedo
- **-V8 Las agujas:**
- 1- Nada 2- Un poco 3- Moderado 4- Bastante 5- Muchísimo miedo
- **-V9 Las complicaciones posibles:**
- 1- Nada 2- Un poco 3- Moderado 4- Bastante 5- Muchísimo miedo
- **-V10 Que encuentren un diagnóstico que haga que me tengan que operar:**
- 1- Nada 2- Un poco 3- Moderado 4- Bastante 5- Muchísimo miedo
- **-V11 La Resonancia Magnética:**
- 1- Nada 2- Un poco 3- Moderado 4- Bastante 5- Muchísimo miedo
- **-V12 Marque el grado de dolor que ha sentido cuando le hemos puesto el contraste:**
- 0- No dolor , 1- leve , 2- disconfort, 3- moderado, 4- intenso, 5- insoportable
- **V13 –Escala de dolor analógica visual (VAS)**
- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

---

- Nada Leve Moderado Intenso Insoportable
- **V14 ¿Cuándo ha sentido más dolor?**
- En el pinchazo  En la introducción de la aguja  En la inyección del contraste
- **V15 ¿Cómo ha sido la prueba en comparación con lo que esperaba encontrar?**
- 1- Más doloroso 2- Igual que lo que esperaba 3- Menos doloroso
- **V16 ¿Qué es lo que más le ha molestado de la RM?**
- El ruido  No poder moverme  Estar encerrado
- **V17 Marque el grado de molestia que ha sentido en la RM:**
- 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

---

- Nada Leve Moderado Intenso Insoportable
- **V18 Después de haberse sometido a esta prueba, ¿Qué escogería la próxima vez?**
- 1- Una prueba no invasiva (que no requiera inyección) aunque sea algo menos precisa en el diagnóstico de mi problema
- 2- Esta prueba (más precisa para el diagnóstico de mi problema aunque requiera inyección).

Figura 30. Resumen de variables registradas en cuestionario 2.

## ARTROGRAFÍA

### En qué consiste la exploración

Es un procedimiento radiológico que consiste en la introducción de un contraste dentro de la articulación por medio de una punción. Generalmente este estudio se realiza con anestesia local, aunque dependiendo de la articulación que se vaya a estudiar, en ocasiones no es necesaria, pues las agujas son tan finas que no producen molestias. Esta exploración permite la visualización de estructuras intraarticulares, así como la identificación de problemas en los ligamentos, cartílago, tendones o en la cápsula de las diferentes articulaciones como el hombro, muñeca, cadera, rodilla o tobillo.

**La exploración dura aproximadamente 15 minutos.**

### RIESGOS DE LA ARTROGRAFÍA

El procedimiento es seguro. Habitualmente la inyección del contraste no supone molestia alguna. La sustancia de contraste contiene yodo y gadolinio pero, dado que no se administra por vía venosa, la posibilidad de reacción alérgica es mínima y, cuando la hay, suele ser leve.

**Es importante que nos comunique si ha tenido alguna reacción anterior a contrastes con yodo, o si hay alergias conocidas a medicamentos u otras sustancias.**

Si después de leer detenidamente este documento desea más información, por favor, no dude en preguntar al equipo asistencial.

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

D....., con D.N.I. ....

Hago constar:

Que el Doctor D.: ..... del Servicio de: .....

Me ha informado personalmente, a mi completa satisfacción y de forma comprensible, contestando a las preguntas que le formulé, los motivos por los cuales ha indicado la realización Artrografía de .....

Por tanto, una vez valorada la conveniencia de realizar la citada exploración diagnóstica, autorizo al equipo médico-asistencial para que lleve a cabo el estudio, así como las modificaciones o ampliaciones que puedan plantearse en la ejecución del referido acto médico.

Murcia, a.....de.....de 200

Firma del paciente

Firma del Médico

Figura 31. Hoja de consentimiento informado.

## **5.5 Análisis Estadístico:**

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un programa de software SPSS para Windows. Versión 14.0.

Se llevó a cabo una estadística descriptiva de cada variable, obteniéndose la distribución de frecuencias. En el caso de variables cuantitativas se calcularon además parámetros característicos: media, desviación típica, error típico de la media, máximo y mínimo.

La relación entre variables cualitativas se analizó mediante tablas de contingencia con el test de la  $\chi^2$  de Pearson, complementado con análisis de residuos.

La relación entre variables cuantitativas se realizó mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson.

La comparación de grupos se hizo con análisis de varianza (ANOVA) complementado con comparaciones de pares de medias a posteriori mediante el método de mínima diferencia significativa (DMS). También se utilizó la T de Student para variables independientes.

Se consideró una diferencia estadísticamente significativa cuando  $p < 0.05$ .

## **6. RESULTADOS**

En el estudio de artrografía de hombro, para verificar el empleo de la placa con coordenadas radioopacas, los 46 exámenes artrográficos se realizaron satisfactoriamente. La posición del brazo durante el procedimiento fue en 29 casos (63%) en rotación externa y en posición neutra en 17 pacientes (37%). Las áreas seleccionadas para la inyección intraarticular del contraste fueron: tercio superomedial de la cabeza humeral en 16 casos (34,7%), el tercio inferomedial en 15 casos (32,6%) y espacio articular glenohumeral en 15 pacientes (32,6%). Cuando el sitio de punción fue realizado en el tercio superomedial de la cabeza humeral (Figura 32), en 6 pacientes se utilizó una aguja espinal corta (40 mm), y en 10 pacientes una aguja espinal larga (88mm). En los casos en que la punción correspondió al tercio inferomedial de la cabeza humeral (Figura 33), se utilizó una aguja corta en 8 casos y una aguja espinal larga en 7 pacientes. Finalmente, cuando el área de punción fue el espacio articular glenohumeral (Figura 34) se empleó una aguja espinal corta en 3 casos y una aguja espinal larga en 12 casos. En este estudio se constató que el tiempo total de fluoroscopia en cada paciente fue menor de 30 milisegundos. El tiempo medio total del radiólogo fue de 7 minutos con un rango que osciló entre 5 a 10 minutos. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en función de la experiencia del examinador, es decir, entre aquellos pacientes en los que la prueba fue realizada por un radiólogo con más de 15 años de experiencia en procedimientos artrográficos o en el grupo de pacientes realizados por un residente en formación.

En este estudio inicial se observó que los datos registrados utilizando la escala verbal del dolor fueron de 0 (no dolor) en 26 de las artrografías realizadas (56,5%), mientras que en los restantes 20 casos (43,4%) el valor registrado fue de 1 (leve). El nivel del dolor experimentado por los pacientes fue similar con independencia de si la artrografía había sido llevada a cabo por el residente en formación o por el radiólogo con experiencia. En todos los casos se produjo la inyección intraarticular del contraste y la colocación de la aguja se alcanzó de forma satisfactoria en el primer intento. El procedimiento fue bien tolerado en la mayoría de los pacientes con leves molestias registradas en pocos casos. No se registró ninguna complicación.

En el segundo estudio (78 pacientes) donde se compararon los tres sitios de punción para la realización del procedimiento artrográfico (Figura 35), todos los exámenes fueron llevados a cabo adecuadamente, independientemente del sitio de punción seleccionado y no se registró ningún tipo de complicación.

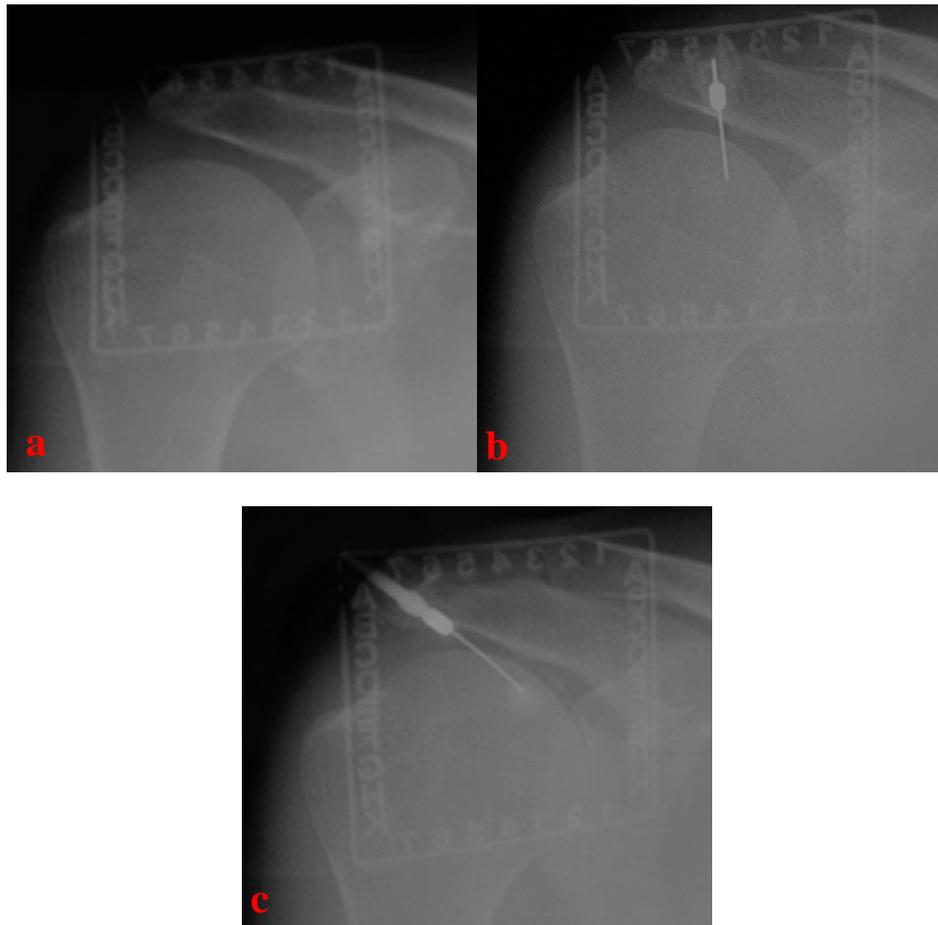


Figura 32. Arthrografía de hombro derecho en un paciente de 28 años estudiado por inestabilidad de la articulación glenohumeral. a. Radiografía con la placa de coordenadas radioopacas sobre el espacio articular glenohumeral. b. Se elige el punto 4E para realizar la punción en el tercio superomedial de la cabeza humeral y se confirma la localización de la aguja obteniendo una imagen radiográfica. c. Radiografía que confirma la distribución intraarticular del contraste.

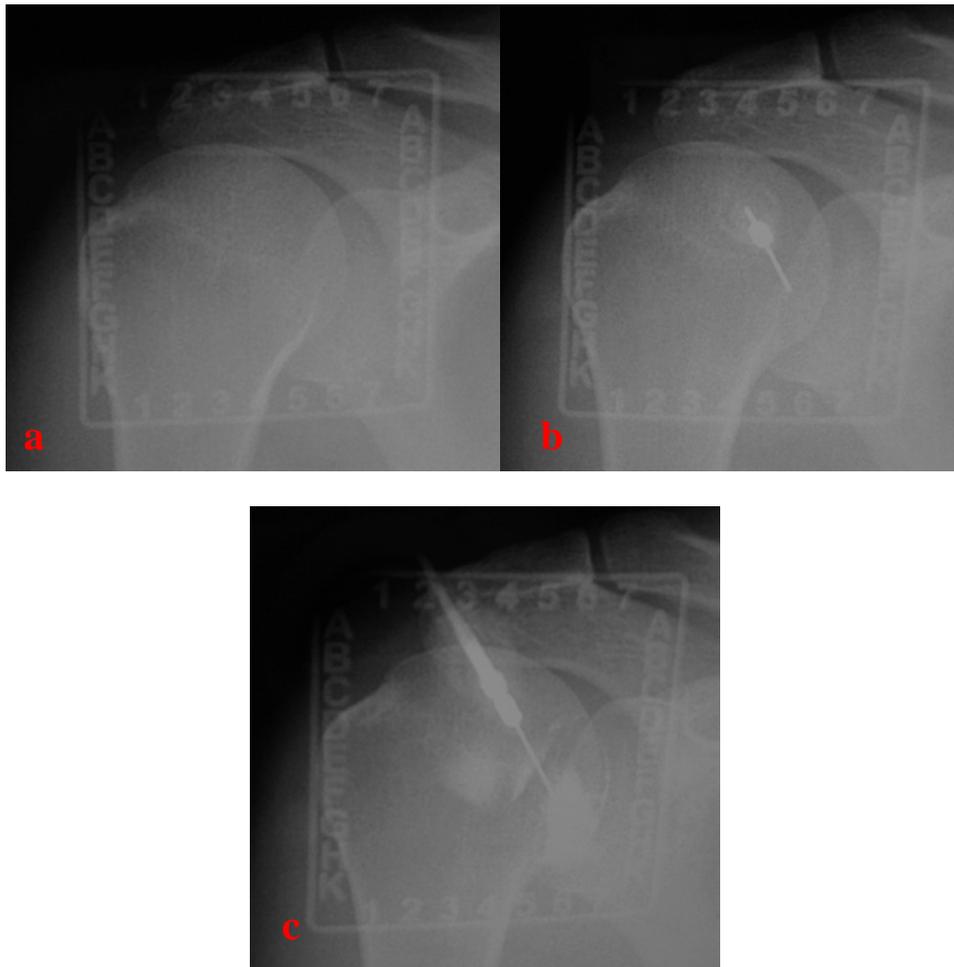


Figura 33. Arthrografía de hombro derecho en un paciente de 32 años estudiado por inestabilidad de la articulación glenohumeral. a. Radiografía con la placa de coordenadas radioopacas sobre el espacio articular glenohumeral. b. Se elige el punto 5F para realizar la punción en el tercio inferomedial de la cabeza humeral y se confirma la localización de la aguja obteniendo una imagen radiográfica. c. Radiografía que confirma la distribución intraarticular del contraste.

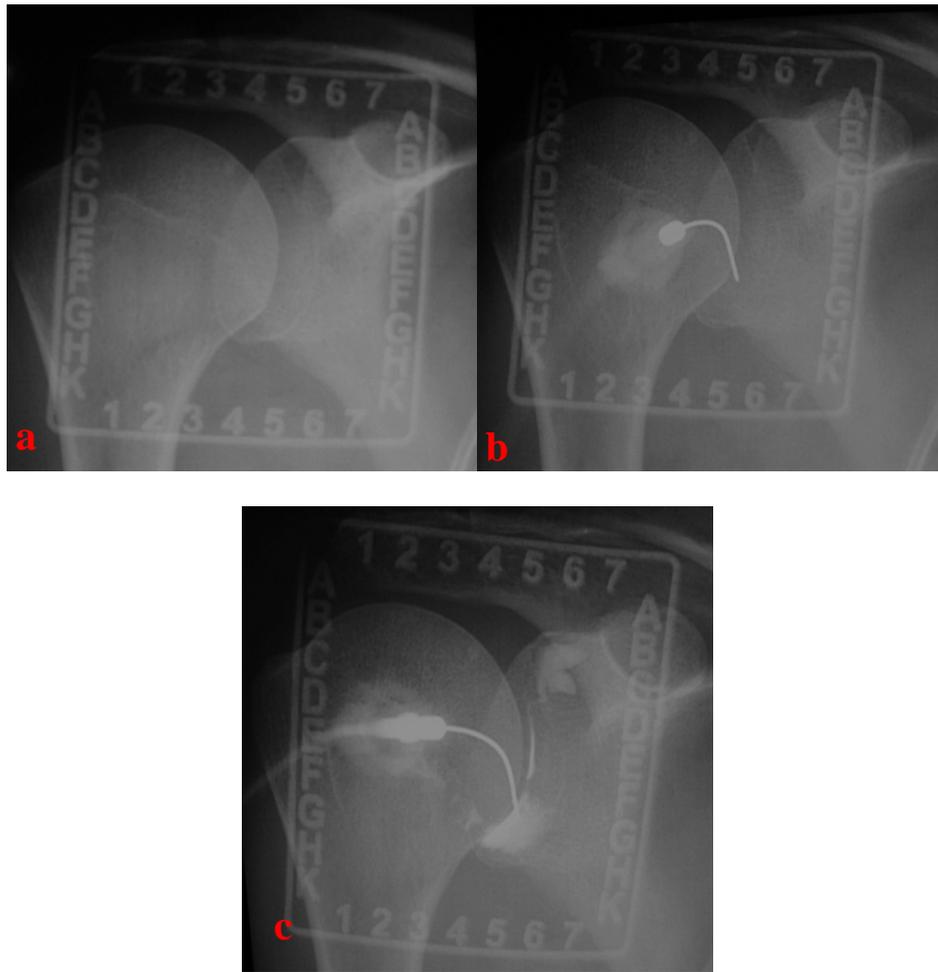


Figura 34. Artrografía de hombro en una paciente de 50 años estudiada por dolor crónico de hombro. a. Radiografía con la placa de coordenadas radioopacas sobre el espacio articular glenohumeral. b. Se elige el punto 5F para realizar la punción en el espacio articular glenohumeral y se confirma la localización de la aguja obteniendo una imagen radiográfica. c. Radiografía que confirma la distribución intraarticular del contraste.

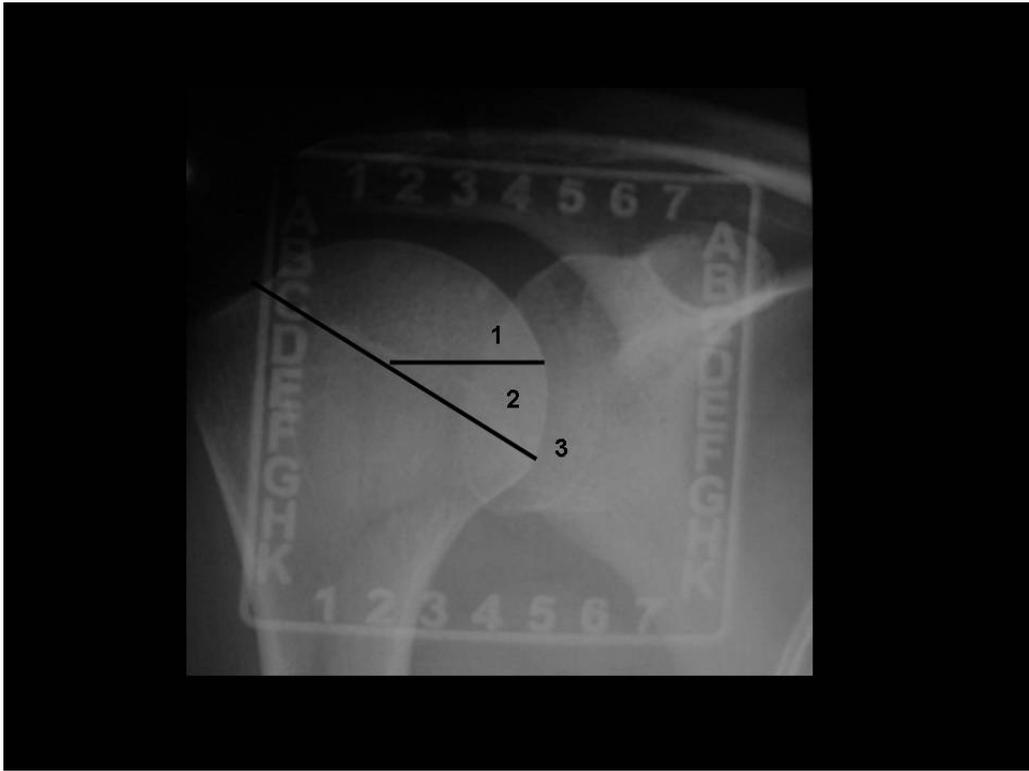


Figura 35. Radiografía en un paciente de 34 años con inestabilidad glenohumeral. La imagen muestra la placa de coordenadas radioopacas y la configuración de los tres sitios de punción que fueron comparados: tercio superomedial de la cabeza humeral (1), tercio inferomedial de la cabeza humeral (2) y el espacio articular glenohumeral (3).

De los 78 pacientes del estudio comparativo 50 fueron hombres y 28 mujeres. La edad media fue de 45,2 años con un rango entre 15 a 75 años.

El índice de masa corporal (IMC) que se define como el cociente entre el peso y la altura ( $\text{cm}^2$ ), fue de 26,65, con un rango entre 19,7 y 38,29.

Los exámenes artrográficos fueron realizados con el brazo en rotación externa en 50 casos (64.1%), y en 28 casos (35,8%) el hombro se colocó en posición neutra. Hubo dos pacientes (2,5%) en los que la inyección se realizó en el área correspondiente al espacio articular glenohumeral, en los que se precisó reposición de la aguja, ya que no se consiguió en el primer intento llegar correctamente hasta el espacio articular glenohumeral, por lo que la inyección del material de contraste se produjo superficialmente en los tejidos blandos extracapsulares. Por este motivo se precisó retirar la aguja y repetir la inyección, realizándose con éxito en este segundo intento.

El volumen medio del material de contraste inyectado en el espacio articular glenohumeral fue de 14,9 +/- 6,2 (SD) ml, con un rango de 9 a 20 ml. El tiempo medio de exposición a la radiación fue de 20,9 +/- 7,8 (SD) ms, con un rango de 11,2 a 29 ms. El tiempo medio del radiólogo fue de 6,4 +/- 0,8 (SD) minutos, con un rango comprendido entre 5 y 8 minutos.

La intensidad media del dolor registrada con la escala analógica visual (VAS) fue de 1,7 +/- 0,9 (SD), con un rango entre 0 y 3. La media de dolor registrada con la escala verbal fue: 10 pacientes (12.8%) tuvieron una puntuación de 0 (sin dolor); 40 pacientes (50,3%) marcaron 1 (dolor leve); y en 28 casos (35,9%) la puntuación fue de 2 (moderada). Se observó la existencia de una correlación estadísticamente significativa entre el dolor registrado por los pacientes usando la escala analógica visual (VAS) y lo registrado por los

mismos pacientes en la escala verbal por lo que los resultados de ambas escalas son concordantes y están relacionados ( $r = 0.858$ ,  $p < 0,0005$ ).

En los 39 artrogramas realizados por el residente en formación la media de dolor registrada mediante el empleo de la escala analógica visual (VAS) fue de  $1,6 \pm 0,9$  SD con un rango entre 0 y 3. En el caso del radiólogo experimentado los valores registrados en la escala VAS en su grupo de 39 pacientes fueron de  $1.7 \pm 0.9$  SD, con un rango entre 0 y 3. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al grado de dolor experimentado por los pacientes en función de si el procedimiento artrográfico lo realizó un radiólogo experimentado o un residente.

Se preguntó a los 50 primeros pacientes sobre el miedo previo a la prueba que tenían a las agujas, en 2 casos (4%) indicaron no sentir ningún miedo, en 20 pacientes (40%) reflejaron temor leve, 14 casos (28%) moderado, en 4 (8%) intenso, en 7 (14%) muy intenso y finalmente en 3 pacientes (6%) constataron un temor insoportable.

De los 50 pacientes encuestados, un 28% (14 casos) señalaron que el momento de mayor dolor había sido el momento de la punción, un 32% (16 pacientes) apuntaron un mayor dolor según la aguja se iba introduciendo hacia el espacio articular y finalmente un 40% (20 pacientes) mostraron un mayor dolor durante la inyección del material de contraste.

Del total de pacientes entrevistados el 56% de los casos (28 pacientes) afirmaron que la prueba había sido menos dolorosa de lo que ellos habían esperado, un 42% de los casos (21 pacientes) experimentaron un dolor similar al que habían esperado previamente y en un caso (2%) el dolor registrado fue mayor de lo que se había esperado.

De los 50 pacientes encuestados, 49 de ellos se volverían a repetir la prueba si fuera necesario frente a una RM convencional, con la finalidad de mejorar la precisión diagnóstica y en sólo 1 caso un paciente preferiría someterse a una RM convencional sin necesidad de introducir contraste intraarticular aunque fuera en perjuicio de la capacidad diagnóstica de la prueba.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grado de dolor y el sexo, el grado de dolor y la edad, grado de dolor e índice de masa corporal, grado de dolor y grado de actividad deportiva del paciente y el grado de dolor y el grado de experiencia del examinador. Se observó diferencia estadísticamente significativa entre las inyecciones intraarticulares glenohumorales cuando los puntos elegidos para la punción fueron el tercio inferomedial o el espacio articular glenohumeral. En ambos casos se mostraron valores más altos respecto al grupo en el que se inyectó el contraste usando como referencia el tercio superomedial de la cabeza humeral, en los siguientes parámetros: registro de la escala de dolor analógica visual (VAS), dolor registrado en la escala verbal, tiempo de exposición a la radiación y tiempo de radiólogo.

Se observaron correlaciones estadísticamente significativas entre los valores de la escala VAS y el tiempo de exposición a la radiación ( $r=0,387$ ,  $p<0,001$ ), los valores en la escala VAS y el tiempo de radiólogo ( $r=0,383$ ,  $p<0,001$ ) y el tiempo de exposición a radiación y el tiempo de radiólogo ( $r=0,724$ ,  $p<0,0005$ ). Donde  $r$  es el coeficiente de correlación de Pearson.

En la Tabla 1 y 2 se muestran varios parámetros relacionados con los sitios de punción. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p<0,005$ ) entre el tiempo de radiólogo y el dolor experimentado durante la realización del procedimiento artrográfico (entre el tercio superomedial y los otros dos puntos de punción), con valores más bajos en el tercio superomedial. Asimismo, se constató una diferencia estadísticamente significativa entre los sitios de punción y el tiempo total de exposición a la radiación, con una  $p<0,005$ . Los valores más bajos correspondieron con la inyección en el tercio superomedial de la cabeza humeral respecto al tercio inferomedial y al área comprendida entre el tercio medio y el inferior del espacio articular glenohumeral.

Tabla 1. Relación de distintos parámetros en los tres sitios de punción: tiempo de radiólogo y tiempo de exposición.

Parámetros	Sitio de punción		
	Tercio superomedial	Tercio inferomedial	Espacio glenohumeral
Tiempo de radiólogo (min)			
Media (SD)	5.3(0.4)	6.8(0.4)	6.9(0.3)
Rango	5–6	6–8	6–8
Tiempo de exposición (ms)			
Media (SD)	12.9 (3.9)	23.3 (4.9)	26.3 (6.7)
Rango	11.2–14.5	21.3–25.3	23.6–29.0

Tabla 2. Relación de distintos parámetros en los tres sitios de punción: volumen de contraste inyectado y registro del dolor mediante la escala analógica visual (VAS).

Parámetros	Sitio de inyección		
	Tercio superomedial	Tercio inferomedial	Espacio glenohumeral
Volumen de contraste inyectado (mL)			
Media (SD)	14.2 (4.7)	14.5 (6.2)	15.2 (5.6)
Rango	10–18	9–20	10–20
Escala analógica visual (VAS)			
Media (SD)	1.1 (0.9)	1.9 (0.7)	2.1 (0.8)
Rango	0–15	1.6–2.2	1.7–3.0

Los resultados de dolor durante la artrografía de hombro registrados mediante el empleo de la escala cuantitativa de dolor VAS (visual analogue scale) en el grupo de pacientes donde se utilizó la crema anestésica EMLA<sup>®</sup> (2,5% lidocaina y 2,5% prilocaina) fue de  $1,38 \pm 1,07$  en el grupo realizado por el radiólogo con experiencia, y de  $1,10 \pm 1,07$  en el grupo realizado por el residente en formación.

En cuanto a los valores dosimétricos registrados:

-El promedio de imágenes radiográficas obtenidas por estudio fue de 4 imágenes (rango: 3-7 imágenes) (Figura 36). Los casos en los que fue necesario obtener más de 4 imágenes por estudio correspondieron a pacientes en los que existía algún tipo de patología que podía inducir a error respecto de la distribución correcta del material de contraste.

-El espesor medio del hombro fue de  $14,6 \pm 2,1$  cm (rango: 9-20 cm). Los parámetros técnicos y geométricos utilizados en cada paciente se resumen en la Tabla 3.

-El valor de carga del tubo de rayos X y el tiempo de exposición se refieren a la suma de todas las proyecciones para cada paciente. En la Figura 37 se muestra la variación del rendimiento con kVp donde se observa la bondad del ajuste a un polinomio de segundo orden.

-En la Tabla 5 se evidencia que no existe diferencia apreciable en la dosis efectiva del paciente cuando se realiza el estudio sobre el hombro derecho o el hombro izquierdo. La diferencia en la dosis equivalente que recibe el corazón se debe a su posición en el hemitórax izquierdo.

-El valor medio de las dosis en los órganos de riesgo y las dosis efectivas calculadas para cada paciente, así como el valor medio de las dosis en aire sin

retrodispersión medidas a partir de los parámetros técnicos de la exposición se muestran en la Tabla 6.



Figura 36. Imágenes radiográficas consecutivas que se obtienen en un estudio de artrografía de hombro estándar.

Tabla 3. Parámetros técnicos y geométricos medios.

Espesor hombro (cm)	DFS (cm)	kVp	mAs	Tiempo exposición (ms)	S (cm <sup>2</sup> )
14,6 (9-20)	92,4 (87-98)	79,5 (60-85)	6,5 (1,4-17)	19,6 (6,9-47,9)	98,9 (67-166)

Los valores entre paréntesis corresponden al rango de variación.

En la Tabla 4 se muestra la variación del rendimiento del equipo de X-ray (rayos X) frente a kVp, donde se observa la bondad del ajuste a un polinomio de segundo grado.

Tabla 4: Rendimiento del equipo de X-ray (rayos X) frente a kVp. Distancia de referencia (DFR) = 98,5 cm.

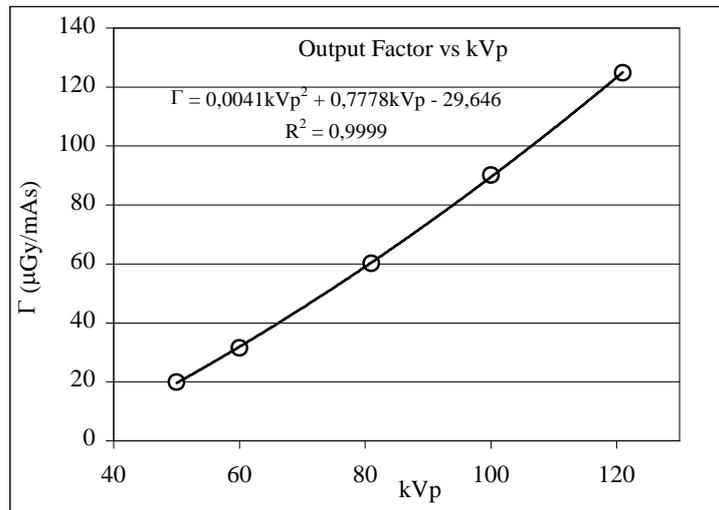


Tabla 5. Coeficientes de conversión de dosis equivalente a dosis efectiva (mSv/mGy) para cada órgano. Valores utilizados para simular el espectro de RX: 80 kVp, 12° de ángulo anódico y 3 mm Al. de filtración.

	Pulmón <i>mSv/mGy</i>	Tiroides <i>mSv/mGy</i>	Médula ósea <i>mSv/mGy</i>	Corazón <i>mSv/mGy</i>	Dosis efectiva <i>mSv/mGy</i>
Hombro derecho (RS)	0,0047	0,0024	0,0048	0,0006	0,001963
Hombro izquierdo (LS)	0,0045	0,0022	0,0048	0,0011	0,001959
$\Delta$ (%)	4,3	8,7	< 0,06	-58,8	0,2

$$\Delta(\%) = 100 \cdot \frac{(RS - LS)}{(RS + LS)/2}$$

Tabla 6: Kerma en aire ( $K_a$ ), dosis efectiva (E) y dosis en órganos.

	$K_a$ (mGy)	E (mSv)	Dosis en los órganos (mGy)			
			Pulmón	Tiroides	Médula ósea	Corazón
Media	0,409	0,0008	0,0019	0,0010	0,0019	0,0003
SD	0,187	0,0004	0,0010	0,0005	0,0009	0,0001
Máximo	0,852	0,0018	0,0044	0,0023	0,0043	0,0006
Mínimo	0,098	0,0002	0,0005	0,0002	0,0006	0,0001

SD: desviación estándar

En nuestro estudio no se utilizó fluoroscopia para confirmar la situación de la aguja ni para verificar la distribución intraarticular del contraste.

Los datos obtenidos en cuanto a la dosis media de radiación a la que se ha sometido a cada paciente, dosis media efectiva y dosis de radiación sobre órganos vitales especialmente sensibles a la radiación, como son: el pulmón, tiroides y médula ósea, muestran una reducción estadísticamente significativa gracias al empleo del dispositivo de coordenadas radioopacas. Estos resultados se muestran en la Tabla 7 (Campos et al., 2009).

Tabla 7. Resultados globales dosimétricos de nuestro estudio (Campos et al., 2009).

	Nuestro estudio
Tiempo de exposición (ms)	17.8
Pulmón (mGy)	0.0019
Tiroides (mGy)	0.0010
Médula ósea (mGy)	0.0019
Dosis efectiva (mSv)	0.0008

No se observaron diferencias estadísticamente significativas con el test de la  $\chi^2$  de Pearson en cuanto a la extravasación del contraste, reposición de aguja, volumen de

contraste inyectado o complicaciones inmediatas, al comparar los tres posibles puntos de punción en el abordaje anterior de la artrografía del hombro.

Se observaron diferencias estadísticamente significativa con el test de la  $\chi^2$  de Pearson entre los puntos inferomedial y el espacio articular glenohumeral, con valores más altos de dolor registrados tanto en la escala verbal como en la escala VAS, con una  $p < 0,005$ , respecto al espacio superomedial.

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el dolor experimentado y el ser deportista o no, tener miedo previo a las agujas, miedo a tener un diagnóstico que requiera intervención quirúrgica, o miedo previo a la resonancia magnética.

En cuanto a la variable: “qué ha sido lo que más le ha molestado de la resonancia magnética”, en 30 pacientes (38,5%) fue el ruido, en 32 casos (41%) fue el no poder moverse y finalmente para 16 pacientes (20,5%) fue el estar encerrado.

El test ANOVA complementado a posteriori con el método de mínima diferencia significativa (DMS) mostró que las variables tiempo de radiólogo, tiempo de fluoroscopia y dolor experimentado registrado tanto en la escala verbal como en la escala VAS, presentaron valores más bajos cuando el punto de punción fue el superomedial ( $p < 0,005$ ) (Tabla 8, Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12 y 13). Los puntos inferomedial y el espacio articular glenohumeral presentaron resultados en estas variables superponibles, con diferencias estadísticamente significativas entre estos puntos y el espacio superomedial ( $p < 0,005$ ).

Tabla 8. Estudio estadístico entre las variables tiempo de radiólogo (V29) y el punto de punción (V24), donde (1) es el punto de punción superomedial, (2) es el punto de punción inferomedial y (3) es el espacio articular glenohumeral.

**TABLA DE CONTINGENCIA**

		V24			Total
		1	2	3	
V29 5	Recuento	17	0	0	17
	Frecuencia esperada	5,7	5,7	5,7	17,0
	Residuos corregidos	6,6	-3,3	-3,3	
6	Recuento	9	4	2	15
	Frecuencia esperada	5,0	5,0	5,0	15,0
	Residuos corregidos	2,4	-,6	-1,8	
7	Recuento	0	21	23	44
	Frecuencia esperada	14,7	14,7	14,7	44,0
	Residuos corregidos	-7,1	3,1	4,0	
8	Recuento	0	1	1	2
	Frecuencia esperada	,7	,7	,7	2,0
	Residuos corregidos	-1,0	-,5	-,5	
Total	Recuento	26	26	26	78
	Frecuencia esperada	26,0	26,0	26,0	78,0

Tabla 9. Estudio estadístico entre las variables tiempo de radiólogo (V29) y el punto de punción (V24), donde (1) es el punto de punción superomedial, (2) es el punto de punción inferomedial y (3) es el espacio articular glenohumeral.

### PRUEBAS DE CHI-CUADRADO

	Valor	gl	Sig. Asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	62,336 <sup>a</sup>	6	,0005
Razón de verosimilitudes	79,876	6	,0005
Asociación lineal por lineal	46,085	1	,0005
N de casos válidos	78		

a. 3 casillas (25,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es de ,67.

Estos resultados muestran que valores más altos de la variable V24 (punto de punción), se asocian con tiempos de radiólogo mayores (V29), es decir, los valores de V24: 2 y 3 (puntos inferomedial y el espacio articular glenohumeral) se relacionan de forma estadísticamente significativa ( $p < 0,005$ ) con valores más altos de tiempo de radiólogo (V29).

Tabla 10. Estudio estadístico entre las variables de dolor registrado en la escala verbal (V12) que oscila desde el 0=no dolor al 5= dolor insoportable y el punto de punción (V24), donde (1) es el punto de punción superomedial, (2) es el punto de punción inferomedial y (3) es el espacio articular glenohumeral.

#### TABLA DE CONTINGENCIA

		V24			Total
		1	2	3	
V12 0	Recuento	9	1	0	10
	Frecuencia esperada	3,3	3,3	3,3	10,0
	Residuos corregidos	4,1	-1,7	-2,4	
1	Recuento	15	13	12	40
	Frecuencia esperada	13,3	13,3	13,3	40,0
	Residuos corregidos	,8	-,2	-,6	
2	Recuento	2	12	14	28
	Frecuencia esperada	9,3	9,3	9,3	28,0
	Residuos corregidos	-3,7	1,3	2,3	
Total	Recuento	26	26	26	78
	Frecuencia esperada	26,0	26,0	26,0	78,0

Tabla 11. Estudio estadístico entre las variables de dolor registrado en la escala verbal (V12) que oscila desde el 0=no dolor al 5= dolor insoportable y el punto de punción (V24), donde (1) es el punto de punción superomedial, (2) es el punto de punción inferomedial y (3) es el espacio articular glenohumeral, usando el test de correlación de la  $\chi^2$  de Pearson para valorar si existe relación estadísticamente significativa entre ambas variables.

### PRUEBAS DE CHI-CUADRADO

	Valor	gl	Sig. Asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	23,807 <sup>a</sup>	4	.0005
Razón de verosimilitudes	27,040	4	,0005
Asociación lineal por lineal	19,294	1	,0005
N de casos válidos	78		

a. 3 casillas (33,3%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es de 3,33.

Según estos resultados valores más altos de la variable V24 (punto de punción), se asocian a valores más altos de la escala verbal de dolor (V12), es decir, los valores de V24: 2 y 3 (puntos inferomedial y el espacio articular glenohumeral) se relacionan de forma estadísticamente significativa ( $p < 0,005$ ) con valores más altos de la escala verbal de dolor (V12) que oscila desde 0=no dolor a 5=dolor insoportable.

Tabla 12. Correlación estadística entre las variables de dolor registrado en la escala analógica visual VAS score (V13) que oscila desde el 0=no dolor al 10= dolor insoportable y el punto de punción (V24), donde (1) es el punto de punción superomedial, (2) es el punto de punción inferomedial y (3) es el espacio articular glenohumeral.

#### TABLA DE CONTINGENCIA

		V24			Total
		1	2	3	
V13 0	Recuento	9	1	0	10
	Frecuencia esperada	3,3	3,3	3,3	10,0
	Residuos corregidos	4,1	-1,7	-2,4	
1	Recuento	6	5	7	18
	Frecuencia esperada	6,0	6,0	6,0	18,0
	Residuos corregidos	,0	-,6	-,6	
2	Recuento	10	15	9	34
	Frecuencia esperada	11,3	11,3	11,3	34,0
	Residuos corregidos	-,6	1,8	-1,1	
3	Recuento	1	5	10	16
	Frecuencia esperada	5,3	5,3	5,3	16,0
	Residuos corregidos	-2,6	-,2	2,8	
Total	Recuento	26	26	26	78
	Frecuencia esperada	26,0	26,0	26,0	78,0

Tabla 13. Correlación estadística entre las variables de dolor registrado en la escala analógica visual VAS score (V13) que oscila desde el 0=no dolor al 10= dolor insoportable y el punto de punción (V24), donde (1) es el punto de punción superomedial, (2) es el punto de punción inferomedial y (3) es el espacio articular glenohumeral.

### PRUEBAS DE CHI-CUADRADO

	Valor	gl	Sig. Asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	24,382 <sup>a</sup>	6	.0005
Razón de verosimilitudes	26,141	6	,0005
Asociación lineal por lineal	14,765	1	,0005
N de casos válidos	78		

a. 3 casillas (25,0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es de 3,33.

Existe una correlación estadísticamente significativa entre las variables V13 (dolor registrado en la escala VAS) y V24 (punto de punción) con una  $p < 0,005$ . Según esta relación a valores más altos de V24 se asocian valores mayores de V13, es decir los sitios de punción inferomedial (2) o el espacio articular glenohumeral (3) se asocian con valores más altos de dolor en la escala VAS.

Como se ha comentado anteriormente existe una correlación estadísticamente significativa entre los valores de dolor registrados usando la escala verbal (V12) y la escala analógica visual como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Correlación estadística entre la variable V12 (dolor observado usando la escala verbal) y la variable V13 (dolor registrado en la escala VAS).

**TABLA DE CONTINGENCIA**

		V12			Total
		0	1	2	
V13 0	Recuento	10	0	0	10
	Frecuencia esperada	1,3	5,1	3,6	10,0
	Residuos corregidos	8,8	-3,5	-2,5	
1	Recuento	0	18	0	18
	Frecuencia esperada	2,3	9,2	6,5	18,0
	Residuos corregidos	-1,9	4,7	-3,6	
2	Recuento	0	22	12	34
	Frecuencia esperada	4,4	17,4	12,2	34,0
	Residuos corregidos	-3,0	2,1	-,1	
3	Recuento	0	0	16	16
	Frecuencia esperada	2,1	8,2	5,7	16,0
	Residuos corregidos	-1,7	-4,6	6,0	
Total	Recuento	10	40	28	78
	Frecuencia esperada	10,0	40,0	28,0	78,0

Tabla 15. Correlación estadística entre la variable V12 (dolor observado usando la escala verbal) que oscila desde 0=no dolor a 5=dolor insoportable y la variable V13 (dolor registrado en la escala VAS) que oscila desde el 0=no dolor y el 10=dolor insoportable.

### PRUEBAS DE CHI-CUADRADO

	Valor	gl	Sig. Asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	119,229 <sup>a</sup>	6	.0005
Razón de verosimilitudes	107,732	6	,0005
Asociación lineal por lineal	56,621	1	,0005
N de casos válidos	78		

a. 5 casillas (41,7%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es de 1,28.

Existe una correlación estadísticamente significativa usando el test de la  $\chi^2$  de Pearson entre las variables V12 (dolor registrado en la escala verbal) y V13 (dolor observado en la escala VAS), con una  $p < 0,005$ . Según esta relación ambas escalas de registro de dolor están relacionadas estadísticamente y son superponibles.

En relación con los valores expuestos en la Tabla 15 existe una correlación significativa entre las dos escalas usadas para la medición de dolor: la escala verbal y la escala analógica visual (VAS).

Para establecer el grado de concordancia entre ambas variables se obtuvo el coeficiente Kappa. Tabla 16.

Tabla 16. Grado de concordancia entre las variables: dolor registrado en la escala verbal y en la escala VAS, con el cálculo del coeficiente Kappa.

### MEDIDAS SIMÉTRICAS

	Valor	Error típ. Saint. <sup>a</sup>	T aproximada <sup>b</sup>	Sig. aproximada
Coefficiente de contingencia	,768			,000
Medida de acuerdo (Kappa)	,729	,071	8,884	,000
Número de casos válidos	78			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

El grado de concordancia que se obtuvo con el coeficiente de correlación Kappa fue de  $0,729 \pm 0,071$ .

En la Tabla 17, se recoge el análisis de varianza (ANOVA) de un factor simple para comparar varios grupos de una variable cuantitativa. La variable categórica (nominal u ordinal) que define los grupos que deseamos comparar se llama independiente o factor; en nuestro estudio sería la variable V24 (punto de punción: superomedial, inferomedial o el espacio articular glenohumeral). A las variables cuantitativas con las que deseamos comparar los grupos de V24 se denominan dependientes; serían: V27 (volumen de

contraste inyectado), V19 (índice de masa corporal), V28 (tiempo total de fluoroscopia), V29 (tiempo de radiólogo), V12 (escala verbal de dolor), V13 (escala analógica visual del dolor: VAS) y V17 (grado de molestia experimentado por los pacientes en la resonancia magnética).

El estadístico F es el cociente entre dos estimadores diferentes de la varianza poblacional. Uno de los estimadores se obtiene a partir de la variación existente entre las medias de los grupos (variación Inter-grupos). El otro estimador se obtiene a partir de la variación existente entre las puntuaciones dentro de cada grupo (variación Intra-grupos). En la Tabla 18 se recoge: una cuantificación de ambas fuentes de variación (sumas de cuadrados), los grados de libertad asociados a cada suma de cuadrados (gl) y el valor concreto adoptado por cada estimador de la varianza poblacional (medias cuadráticas: que se obtienen dividiendo las sumas de cuadrados entre sus correspondientes grados de libertad).

El valor estadístico F surge del cociente entre estas dos medias cuadráticas y aparece junto con su nivel crítico o de significación observado (Sig.), es decir, indica la probabilidad de obtener valores como el obtenido o mayores bajo la hipótesis de igualdad de medias. En las variables V28, V29, V12 y V13, el valor del nivel crítico (0,000), es menor que 0,05, por lo que se rechaza la hipótesis de igualdad de medias y se concluye que los distintos grupos de la variable V24 poseen valores distintos de las variables V28, V29, V12 y V13.

Tabla 17. ANOVA en la que se comparan la variable V24 (independiente) con las variables dependientes (V27, V19, V28, V29, V12, V13, V17), descritas en la página anterior.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
V27	Inter-grupos	5,615	2	2,808	,527	,593
	Intra-grupos	399,923	75	5,332		
	Total	405,538	77			
V19	Inter-grupos	9,040	2	4,520	,209	,812
	Intra-grupos	1579,177	73	21,633		
	Total	1588,217	75			
V28	Inter-grupos	2525,375	2	1262,688	43,778	,000
	Intra-grupos	2134,390	74	28,843		
	Total	4659,765	76			
V29	Inter-grupos	43,179	2	21,590	119,943	,000
	Intra-grupos	13,500	75	,018		
	Total	56,679	77			
V12	Inter-grupos	9,923	2	4,962	15,555	,000
	Intra-grupos	23,923	75	,319		
	Total	33,846	77			
V13	Inter-grupos	14,641	2	7,321	10,329	,000
	Intra-grupos	53,154	75	,0709		
	Total	67,795	77			
V17	Inter-grupos	7,103	2	3,551	1,031	,362
	Intra-grupos	258,346	75	3,445		
	Total	265,449	77			

En la Tabla 18, se presenta el test de correlación de Pearson entre las variables: V3 (edad), V13 (escala VAS de dolor), V17 (grado de malestar experimentado por el paciente en la resonancia magnética), V19 (índice de masa corporal: peso/talla<sup>2</sup>), V27 (volumen de contraste inyectado), V28 (tiempo total de fluoroscopia), V29 (tiempo total de radiólogo) y las variables: V3 (edad), V13 (escala de dolor VAS), V17 (grado de malestar experimentado por el paciente en la resonancia magnética), V19 (índice de masa corporal: peso/talla<sup>2</sup>), V27 (volumen de contraste inyectado), V28 (tiempo total de fluoroscopia), V29 (tiempo total de radiólogo). La Tabla 20, completan los resultados de la correlación de Pearson de la tabla 18 y se correlacionan las variables: V3, V22 (grosor del hombro en mm), V27, V28 y V12 con las variables V3, V22, V27, V28, V29, V12, V13 y V17.

Según los resultados descritos en las Tablas 18 y 19 se obtienen los siguientes resultados estadísticamente significativos, donde r es el coeficiente de correlación de Pearson:

-Correlación de Pearson significativa entre las variables VAS y el tiempo de fluoroscopia.

$$r = 0,387 ( p = 0,001)$$

- Correlación de Pearson significativa entre las variables VAS y el tiempo de radiólogo.

$$r = 0,383 ( p = 0,001)$$

- Correlación de Pearson significativa entre las variables tiempo de fluoroscopia y el tiempo de radiólogo.

$$r = 0,724 ( p < 0,0005)$$

Tabla 18. Correlación de Pearson entre las variables descritas anteriormente.

	V3	V13	V17	V19	V27	V28	V29
V3 Correlación de Pearson	1	-,074	,025	,052	,105	,019	,189
Sig. (bilateral)		,519	,829	,655	,359	,871	,097
N	78	78	78	76	78	77	78
V13 Correlación de Pearson	-,074	1	-,019	-,129	-,010	,387**	,383**
Sig. (bilateral)	,519		,868	,266	,929	,001	,001
N	78	78	78	76	78	77	78
V17 Correlación de Pearson	,025	-,019	1	,074	,036	-,073	-,030
Sig. (bilateral)	,829	,868		,525	,754	,530	,793
N	78	78	78	76	78	77	78
V19 Correlación de Pearson	,052	-,129	,074	1	,195	,115	-,127
Sig. (bilateral)	,655	,266	,525		,091	,327	,274
N	76	76	76	76	76	75	76
V27 Correlación de Pearson	,105	-,010	,036	,195	1	,025	,101
Sig. (bilateral)	,359	,929	,754	,091		,828	,377
N	78	78	78	76	78	77	78
V28 Correlación de Pearson	-,019	,387**	-,073	,115	,025	1	,724**
Sig. (bilateral)	,871	,001	,530	,327	,828		,000
N	77	77	77	75	77	77	77
V29 Correlación de Pearson	,189	,383**	-,030	-,127	,101	,724**	1
Sig. (bilateral)	,097	,001	,793	,274	,377	,000	
N	78	78	78	76	78	77	78

Tabla 19. Correlación de Pearson entre las variables descritas anteriormente.

	V3	V22	V27	V28	V29	V12
V3 Correlación de Pearson	1	-,006	,105	,019	,189	,058
Sig. (bilateral)		,959	,359	,871	,097	,615
N	78	78	78	77	78	78
V22 Correlación de Pearson	-,006	1	,062	,180	,042	,074
Sig. (bilateral)	,959		,588	,116	,715	,518
N	78	78	78	77	78	78
V27 Correlación de Pearson	,105	0,62	1	,025	,101	-,014
Sig. (bilateral)	,359	,588		,828	,377	,905
N	78	78	78	77	78	78
V28 Correlación de Pearson	-,019	,180	,025	1	,724**	,385**
Sig. (bilateral)	,871	,116	,828		,000	,001
N	77	77	77	77	77	77
V29 Correlación de Pearson	,189	,042	,101	,724**	1	,476**
Sig. (bilateral)	,097	,715	,377	,000		,000
N	78	78	78	77	78	78
V12 Correlación de Pearson	,058	,074	-,014	,385**	,476**	1
Sig. (bilateral)	,615	,518	,905	,001	,000	
N	78	78	78	77	78	78
V13 Correlación de Pearson	-,074	-,017	-,010	,387**	,383**	,858**
Sig. (bilateral)	,519	,883	,929	,001	,001	,000
N	78	78	78	77	78	78
V17 Correlación de Pearson	,025	,161	,036	-,073	-,030	-,058
Sig. (bilateral)	829	,159	,754	,530	,793	,611
N	78	78	78	77	78	78

Como alternativa al estadístico  $F$ , cuando no podemos asumir varianzas iguales, se utilizaron las pruebas robustas de igualdad de medias de *Welch* y *Brown-Forsythe*. En ambos casos, y respaldado con los resultados del estadístico  $F$ , se confirma diferencias significativas entre las medias de las variables V28, V29, V12 y V13 y la variable V24 (punto de punción). Tabla 20. Comparaciones múltiples post hoc: Tabla 21 y 22.

Tabla 20. Pruebas robustas de igualdad de medias.

		Estadístico <sup>a</sup>	gl 1	gl 2	Sig.
V27	Welch	,441	2	48,803	,646
	Brown-Forsythe	,527	2	70,370	,593
V19	Welch	,197	2	48,484	,822
	Brown-Forsythe	,209	2	72,408	,812
V28	Welch	54,156	2	47,765	,000
	Brown-Forsythe	44,179	2	62,538	,000
V29	Welch	104,997	2	48,940	,000
	Brown-Forsythe	119,943	2	70,034	,000
V12	Welch	14,707	2	49,718	,000
	Brown-Forsythe	15,555	2	73,562	,000
V13	Welch	8,891	2	49,527	,001
	Brown-Forsythe	10,329	2	71,909	,000

Tabla 21. Comparaciones múltiples post hoc o a posteriori.

Variable de pendiente		(I) V24	(J) V24	Sig.
V28	DMS	1	2	,000
			3	,000
		2	1	,000
			3	,044
		3	1	,000
			2	,044
	Bonferroni	1	2	,000
			3	,000
		2	1	,000
			3	,000
		3	1	,000
			2	,133
V29	DSM	1	2	,000
			3	,000
		2	1	,000
			3	,515
		3	1	,000
			2	,515
	Bonferroni	1	2	,000
			3	,000
		2	1	,000
			3	1,000
		3	1	,000
			2	1,000

Tabla 22. Comparaciones múltiples post hoc o a posteriori.

Variable dependiente		(I) V24	(J) V24	Sig.
V12	DMS	1	2	,000
			3	,000
		2	1	,000
			3	,464
		3	1	,000
			2	,464
	Bonferroni	1	2	,000
			3	,000
		2	1	,000
			3	1,000
		3	1	,000
			2	1,000
V13	DSM	1	2	,001
			3	,000
		2	1	,001
			3	,413
		3	1	,000
			2	,413
	Bonferroni	1	2	,003
			3	,000
		2	1	,003
			3	1,000
		3	1	,000
			2	1,000

Con el estadístico F de ANOVA únicamente se puede contrastar la hipótesis general de que los promedios J comparados son iguales. En nuestro caso se rechaza la hipótesis de que los grupos poblacionales de la variable V24 (punto de punción) son iguales. El siguiente paso consiste en valorar una vez que sabemos que no son iguales, si son todos los grupos poblacionales (tercio superomedial, inferomedial, espacio articular glenohumeral) diferentes entre sí o si sólo un grupo difiere de los demás.

Para saber que medias difieren entre sí, se utilizaron las comparaciones múltiples post hoc o a posteriori.

En nuestro caso se seleccionaron dos procedimientos post hoc: el DSM (mínima diferencia significativa) y el método Bonferroni. El DSM también se conoce por su acrónimo inglés LSD= Least significant difference.

Según estos procedimientos estadísticos en la variable V28 (tiempo total de fluoroscopia) se encuentran diferencias significativas entre todos los grupos, de modo que los espacios superomedial (1), inferomedial (2) y el espacio articular glenohumeral (3) difieren entre sí (1 2 3), con valores menores para el grupo superomedial. Tabla 21.

En la variable V29 (tiempo de radiólogo) se observaron diferencias entre el grupo superomedial (1) respecto a los otros dos grupos que no difieren entre sí en esta variable (1 2=3), con valores menores para el grupo superomedial. Tabla 21.

En las variables V12 y V13 (dolor registrado en la escala verbal y dolor registrado en la escala VAS), se apreciaron diferencias del grupo superomedial (1) respecto a los grupos inferomedial (2) y al espacio articular glenohumeral (3), siendo superponibles los

resultados en los dos últimos grupos. (1 2=3), con valores menores para el grupo superomedial. Tabla 22.

A continuación se incluyen una serie de gráficos con la distribución de frecuencias de variables relacionadas con las características de los pacientes a estudio sobre una muestra de 41 pacientes:

Gráfico 1: Distribución de la variable “práctica de deporte”.

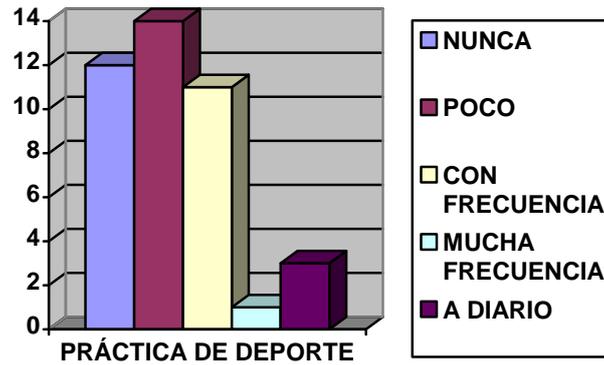


Gráfico 2. Distribución de la variable “¿está en lista de espera de cirugía?”.

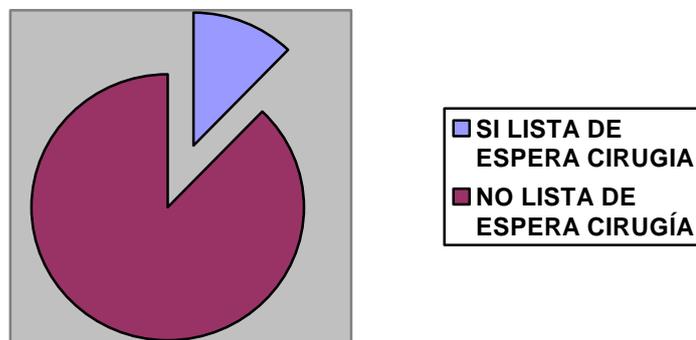


Gráfico 3. Distribución de la variable “el cirujano le ha explicado el procedimiento de artroRM antes de venir a realizar la prueba”.

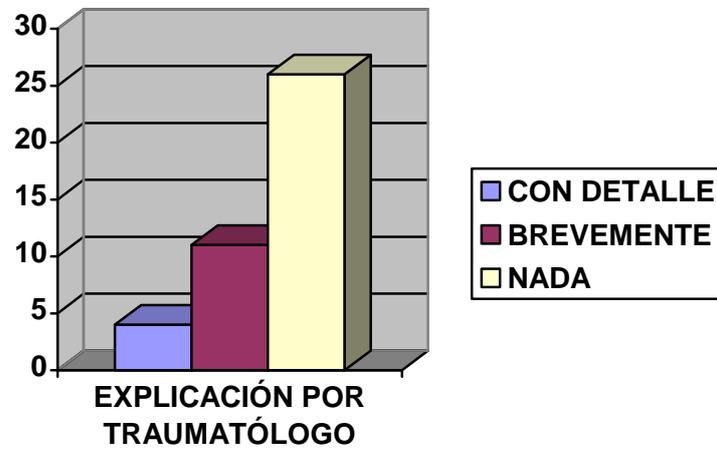


Gráfico 4. Distribución de la variable “miedo previo al posible dolor experimentado en la prueba”.

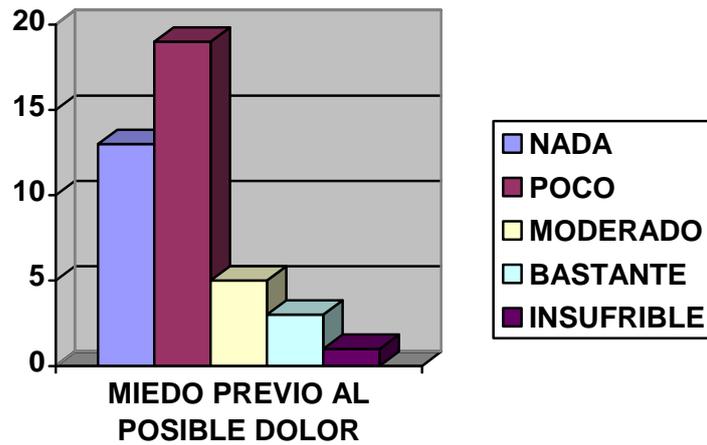


Gráfico 5. Distribución de la variable “miedo a las agujas”.

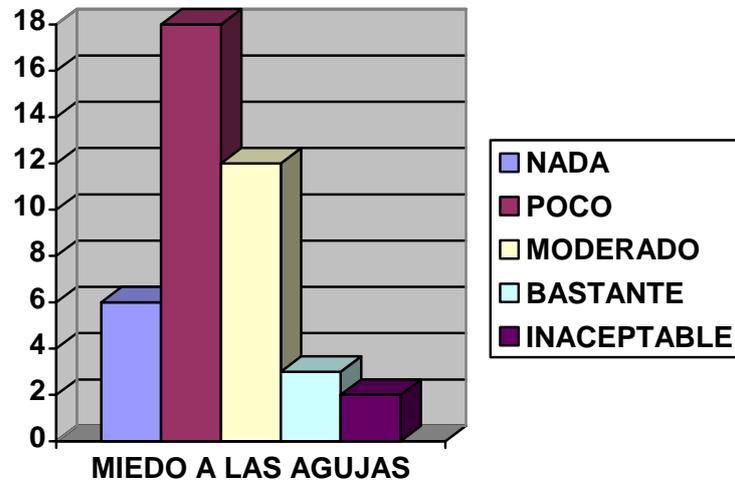


Gráfico 6. Distribución de la variable “miedo a las posibles complicaciones de la técnica”.

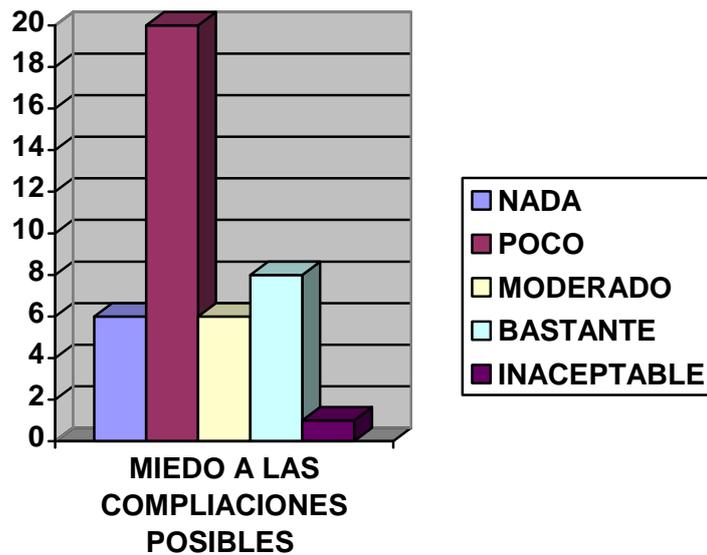


Gráfico 7. Distribución de la variable “miedo a que el radiólogo encuentre un diagnóstico que haga que me tengan que operar”.

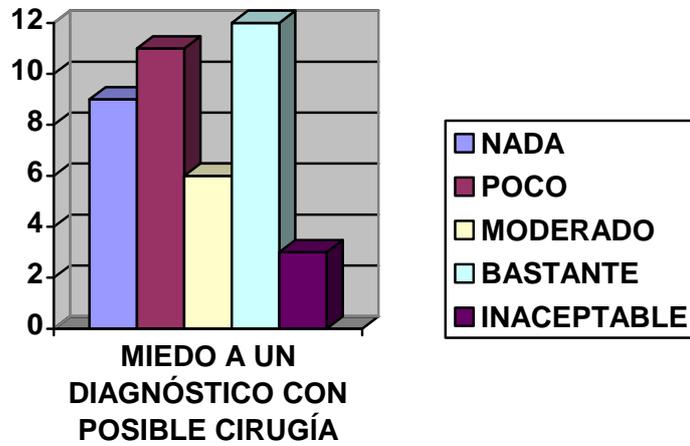


Gráfico 8. Distribución de la variable “miedo a la resonancia magnética”.

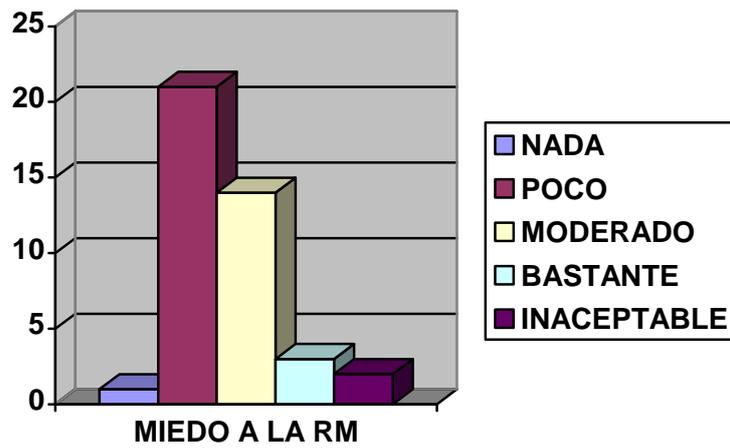


Gráfico 9. Distribución de la variable “edad” sobre el total de 78 pacientes.

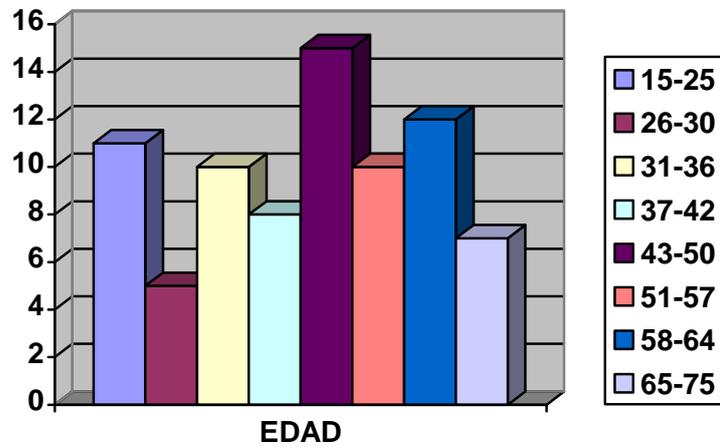


Gráfico 10. Distribución de la variable “índice de masa corporal (IMC)” sobre el total de 78 pacientes.

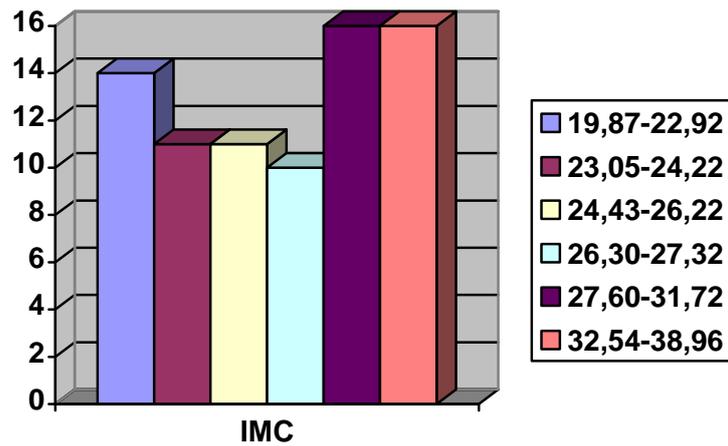
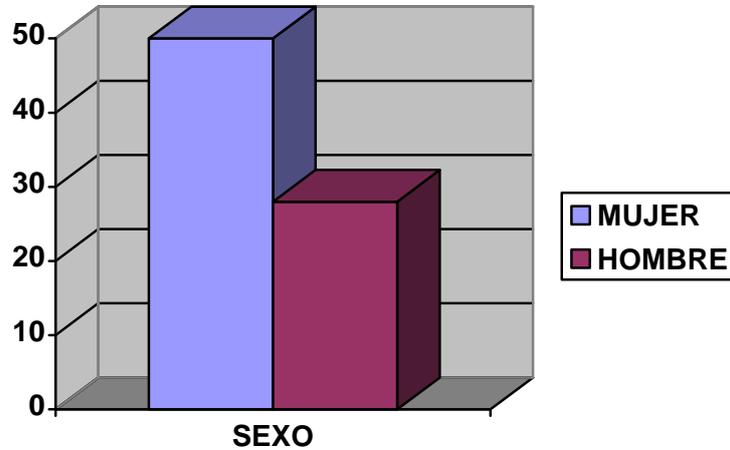


Gráfico 11. Distribución de la variable “sexo” sobre el total de 78 pacientes.



No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre la variable V24 (punto de punción) y las variables: práctica de deporte, estar en lista de espera de cirugía, explicación previa del procedimiento por parte del traumatólogo, miedo previo a experimentar dolor durante la prueba, miedo a las agujas, miedo a las complicaciones posibles, temor a que se encuentre un diagnóstico que lleve a la cirugía, miedo a la resonancia magnética, edad, sexo ni índice de masa corporal.

## **7. DISCUSIÓN**

La artrografía de hombro se complementa habitualmente con un estudio de TC (artroTC) o más comúnmente junto con un estudio de resonancia magnética: artroRM (Elentuk, y Palmer, 2004, Jbara et al., 2005, Raffii, y Minkoff, 1998). En los últimos años ha experimentado un incremento debido a su uso principalmente combinado con RM. (Resnick, 2001).

También se describe la artrosonografía como técnica artrográfica asociada a la ecografía y que podría ser de utilidad en el diagnóstico de rupturas de los tendones del manguito rotador y del labrum glenoideo (Le Correler et al., 2008; Koivikko et al., 2008).

Los procedimientos artrográficos en general son sencillos de realizar y aportan importante información sobre el diagnóstico y la planificación de tratamientos más adecuados.

La artrografía de la articulación glenohumeral sirve de ayuda para el diagnóstico de las rupturas del manguito rotador, capsulitis adhesivas, luxación aislada o recidivante, enfermedad articular y anomalías del tendón bicipital.

Numerosos procedimientos se han descrito para la realización de la técnica artrográfica: abordaje anterior o abordaje posterior (Depélteau et al., 2004, Jacobson et al., 2003, Neviasser, 1980, Oberholzer, 1933, Resnick, 1981, Schneider, Ghelman, y Kaye, 1975).

La mayoría de los radiólogos prefieren usar el abordaje por vía anterior, aunque algunos autores prefieren el abordaje por vía posterior (Chung et al., 2001, Farmeret al., 2002), especialmente en aquellos pacientes con inestabilidad anterior del hombro, ya que a través de este abordaje se evita el potencial daño iatrogénico y posibles errores interpretativos en el diagnóstico. Sin embargo, se ha observado que resultados similares a

los obtenidos en la inestabilidad del hombro con abordaje posterior, se obtienen utilizando el abordaje anterior (Jacobson et al., 2003).

Los resultados del primer estudio preliminar con 45 pacientes (Berná-Serna. et al, 2006) demostraron que mediante el empleo de una placa de coordenadas radioopacas, la artrografía de hombro se realiza adecuadamente en todos los pacientes. No se observaron diferencias en el “tiempo de radiólogo” en relación con si el procedimiento fue llevado a cabo por un radiólogo con experiencia en artrografía de hombro o por un residente sin experiencia. Asimismo, no se observaron diferencias en la escala de dolor que cumplimentaron los pacientes, entre el grupo realizado por el radiólogo experto y el residente. En ningún caso, en este estudio preliminar, fue necesaria realizar la reposición de la aguja. El procedimiento fue muy bien tolerado por los pacientes y no se apreciaron complicaciones.

En nuestro estudio se observó, como han constatado otros autores (Depelteau et al., 2004; Jacobson et al., 2003), que existen múltiples factores relacionados con la realización adecuada de la artrografía de hombro siguiendo un abordaje por vía anterior, entre los que se incluyen: la posición del paciente en decúbito supino con el hombro en rotación externa, la selección del punto de punción próximo a la cortical medial de la cabeza humeral, la inserción de la aguja paralela al haz de rayos, un test anestésico positivo, evitar la sobredistensión capsular por material de contraste (siendo 15 ml el volumen recomendado) y la confirmación de la posición intraarticular de la aguja mediante el empleo de contraste yodado (Berná-Serna et al, 2006).

En concordancia con otros autores (Depelteau et al., 2004; Jacobson et al., 2003), una inyección periarticular de contraste yodado puede enmascarar el área y hacer más

difícil la visualización, por lo que nosotros preferimos realizar el test anestésico, previamente a la inyección de contraste, para confirmar la inserción intraarticular de la aguja, lo que se conoce como test anestésico positivo.

Una vez que se ha logrado un test anestésico positivo, se debe introducir unos pocos mililitros de contraste yodado para verificar con una imagen radiográfica la localización correcta intraarticular de la aguja.

Aunque consideramos que un estudio ecográfico previo a la realización de la artrografía no es necesario para la selección del tipo de aguja espinal, en nuestro primer estudio, se midió la distancia desde la piel hasta la cortical de la porción medial de la cabeza humeral o desde la piel hasta el espacio articular, en los pacientes que fueron sometidos a un procedimiento artrográfico, para determinar a modo de estimación la profundidad a la que aproximadamente habrá que introducir la aguja, para alcanzar el espacio articular.

En la primera parte de nuestro trabajo (Berná-Serna et al., 2006), en la mayoría de los pacientes el examen artrográfico se llevó a cabo, realizando la punción en el tercio supero o inferomedial de la cabeza humeral, con agujas espinales cortas (4 cm) y los resultados fueron muy buenos. No obstante, en pacientes con hombros muy voluminosos debido a un aumento de las partes blandas, se recomienda realizar la punción con agujas espinales largas tanto en el tercio superomedial como en el inferomedial de la cabeza humeral. Las agujas espinales cortas son más fáciles de usar que las largas, debido a que al atravesar los tejidos, las agujas espinales largas pueden presentar desviaciones al ser insertadas, lo que no suele ocurrir cuando se utilizan agujas espinales cortas. Sin embargo, es fundamental el empleo de agujas espinales largas, si la inyección de contraste se va a

realizar en el espacio articular glenohumeral, ya que con el empleo de agujas espinales cortas existe el riesgo de realizar la inyección superficial en las partes blandas.

Comúnmente la artrografía del hombro se realiza utilizando guía fluoroscópica. En nuestro estudio se obtuvieron imágenes radiográficas, no se usó fluoroscopia, y en el 82% de los pacientes solamente se realizaron tres imágenes para lograr adecuadamente el estudio. De este modo se reduce la radiación de los pacientes. Además, el radiólogo no se irradia durante el procedimiento, pues durante la obtención de imágenes radiográficas se encuentra fuera de la sala.

El empleo de la placa con coordenadas radioopacas facilita la localización del sitio más idóneo para la punción, sin necesidad del empleo de fluoroscopia. Este dispositivo es un marcador radioopaco estéril, de un solo uso, que está en fase de comercialización.

Para que la artrografía de hombro se realice de forma eficaz es fundamental seguir un método sistemático, y de este modo minimizar el posible daño a estructuras articulares (Depélteau et al., 2004).

Los hallazgos obtenidos empleando la placa con coordenadas radioopacas, que permite elegir el sitio óptimo de punción, indican que el procedimiento es seguro, simple, rápido y reproducible (Berná-Serna et al., 2006).

Habitualmente el procedimiento artrográfico se aprende durante el periodo de formación del residente (Jacobson et al., 2003), siendo importante que se perciba como sencillo, reproducible y fácil de aprender. La técnica descrita empleando la placa de coordenadas radioopacas ayuda a los residentes a aprender la técnica, ya que es fácil de realizar. De este modo, se reduce la curva de aprendizaje de los radiólogos o residentes sin experiencia previa en procedimientos artrográficos. Es importante disponer de un

procedimiento sistemático, fácil de reproducir y que anime a los radiólogos, ya desde la residencia, a realizar este tipo de procedimientos que aportan datos muy importantes en el diagnóstico.

Al adquirir seguridad en la realización de la prueba, se consigue minimizar el tiempo de la prueba: “tiempo de radiólogo”, el “tiempo de fluoroscopia sobre el paciente”, evita las “reposiciones de aguja” así como la “extravasación del contraste”, que dificultaría la interpretación posterior del estudio. Además, el procedimiento descrito en nuestro estudio, presenta muy buena tolerancia por parte de los pacientes (Berná-Serna et al, 2006), que se someterían de nuevo a la prueba si fuera necesario repetir el examen artrográfico.

Con la finalidad de optimizar el procedimiento artrográfico una vez constatada la idoneidad del uso de la placa con coordenadas radioopacas para la realización de la artrografía de hombro, realizamos un estudio comparativo para determinar cuál era la mejor sitio para la realización de la artrografía de hombro siguiendo un abordaje anterior, ya que no existía consenso en la literatura científica (Depélteau et al., 2004; Jacobson et al., 2003; Neviaser, 1980; Oberholzer, 1933; Resinck, 1981; Schneider et al., 1975).

La artrografía de hombro es un método utilizado comúnmente para la valoración del labrum y de los ligamentos glenohumerales, principalmente en el estudio del hombro inestable. En la literatura se describen distintas vías de abordaje para la realización de la artrografía de hombro. La vía de abordaje preferida por la mayoría de los autores es la vía anterior (Depelteau et al., 2004; Jacobson et al., 2003; Neviaser et al., 1980; Resnick, 1981; Schneider et al., 1975; Demouy et al., 1997; Petersilge et al., 1997; Rakofsky, 1981; Ficat, y Philippe, 1981; Ehara et al., 2004). La técnica más usada por vía anterior (Schneider et al., 1975), utiliza el espacio articular glenohumeral para realizar la punción, a pesar del

potencial riesgo de posible punción del complejo labrum- ligamentoso anteroinferior. Nosotros coincidimos con estos autores en que el abordaje por vía anterior es seguro y no es traumático, principalmente si la punción se realiza en el tercio superomedial de la cabeza humeral.

Otros autores (Farmer et al., 2002; Catalano et al., 2007) recomiendan el abordaje por vía posterior para evitar la posible lesión de estas estructuras que nos podrían llevar a errores en el diagnóstico.

No existe un consenso en la literatura científica sobre cual es el punto de abordaje por vía anterior más adecuado. Hay autores que utilizan la inyección en el espacio superomedial de la cabeza humeral, otros el inferomedial de la cabeza humeral y finalmente hay autores que prefieren la inyección desde el espacio articular glenohumeral. (Figura 44).

En nuestro estudio hemos tratado de determinar el sitio más idóneo de punción por vía anterior, al no existir un consenso en la literatura y no encontrarse publicado ningún artículo comparativo de los distintos sitios de abordaje por vía anterior.

Los tres sitios de abordaje por vía anterior más utilizados son:

- 1-Superomedial de la cabeza humeral.
- 2-Inferomedial de la cabeza humeral.
- 3- Espacio articular glenohumeral.

Hemos comprobado que en los puntos superomedial e inferomedial es preferible el uso de agujas espinales cortas, ya que son más fáciles de manejar y además evitan posibles desviaciones durante su inserción a través de los tejidos blandos. Únicamente recomendamos el uso de las agujas espinales largas en el caso de pacientes con hombros

voluminosos. En el espacio glenohumeral las agujas espinales largas, sin embargo son necesarias para asegurarnos la correcta inyección de contraste y evitar de este modo inyecciones superficiales al espacio articular (Redondo et al., 2008).

Mediante una placa de coordenadas radioopacas se seleccionaron los diferentes puntos de inyección de contraste en el estudio comparativo, sin necesidad de usar fluoroscopia como ya se describió anteriormente.

Con este método se protege al radiólogo de la radiación y se minimiza la exposición sobre el paciente. La reducción de la exposición es especialmente significativa cuando el punto de abordaje escogido es el tercio superomedial de la cabeza humeral. Hemos constatado (Redondo et al., 2008), que cuando este punto es el empleado en el estudio, con una pequeña cantidad de contraste yodado es suficiente para confirmar de forma rápida que la aguja se encuentra correctamente posicionada dentro del espacio articular, ya que el contraste se distribuye de forma homogénea y rápida. Sin embargo, cuando los puntos de abordaje escogidos son el tercio inferomedial de la cabeza humeral o el espacio glenohumeral, a menudo es necesario inyectar más cantidad de contraste para verificar la correcta posición de la aguja. De esta forma, cuando la punción se realiza en estos últimos espacios es necesario inyectar mayor cantidad de material de contraste, de modo que se incrementa el número de imágenes radiográficas, y consecuentemente aumenta la exposición a la radiación del paciente.

Se ha demostrado con nuestro estudio (Redondo et al., 2008), diferencias estadísticamente significativas entre el tercio superomedial y los otros sitios de punción, en relación con las variables: tiempo de radiólogo y tiempo de exposición a la radiación.

No se observaron diferencias significativas en función de si el procedimiento lo realizaba un radiólogo con experiencia o un residente en formación en ninguno de los espacios estudiados. Sin embargo, consideramos que el tercio superomedial nos ofrece mayor seguridad y confianza a la hora de realizar la punción.

En nuestra experiencia el espacio glenohumeral es el más difícil, especialmente si se carece de experiencia.

Los valores más bajos registrados en cuanto al dolor experimentado durante la realización de la prueba, se obtuvieron cuando la inyección se realizó en el tercio superomedial de la cabeza humeral (Redondo et al., 2008). Este hallazgo es similar al presentado en otros estudios. (Robbins et al., 2000; Binkert et al., 2001).

Algunos autores (Chung et al., 2001, Farmer, y Hughes, 2002; Catalano et al., 2007), recomiendan un abordaje posterior para evitar dañar las estructuras estabilizadoras del hombro, incluyendo los ligamentos glenohumerales y el complejo cápsulo-labral y de este modo evitar malinterpretaciones en el diagnóstico.

Muchas de las estructuras anteriormente descritas están concentradas alrededor del área anteroinferior de la articulación glenohumeral como son el ligamento glenohumeral inferior y el labrum anterior.

Cuando se utiliza la técnica de Schneider, et al., (1975) la aguja atraviesa el músculo o el tendón subescapular, el ligamento glenohumeral inferior, el labrum anteroinferior y penetra en la bursa subcoracoidea. Al atravesar estas estructuras se puede producir distorsión de las mismas, lo que puede crear hallazgos confusos en el estudio de artroRM (Chung et al., 2001).

Cuando la punción se realiza en el tercio inferomedial de la cabeza humeral la aguja atraviesa el tendón subescapular, pero se evita el ligamento glenohumeral inferior y al labrum anteroinferior.

Si el sitio de inyección elegido es el tercio superomedial de la cabeza humeral, la inyección se realiza en el llamado intervalo rotador, es decir en un espacio triangular localizado entre los tendones supraespinoso y subescapular (Depélteau et al., 2004). En este espacio la aguja puede atravesar el ligamento coracohumeral pero en muy raras ocasiones se alcanzaría el ligamento glenohumeral superior. Otra estructura que podría ser atravesada si utilizamos este espacio sería el tendón de la porción larga del bíceps. Este tendón se puede evitar con facilidad y situarse lateralmente a la aguja si colocamos el brazo en rotación externa.

Además de lo anteriormente comentado cuando el espacio utilizado es el intervalo rotador, el labrum anterosuperior, el labrum anteroinferior y el ligamento glenohumeral inferior son evitados con facilidad. Por lo tanto cuando las inyecciones se realizan tomando como referencia tanto el espacio inferomedial como superomedial de la cabeza humeral, las estructuras estabilizadoras del hombro son fácilmente evitables.

Los resultados de nuestro trabajo (Redondo et al., 2008) coinciden con lo descrito por otros autores (Depélteau et al., 2004; Elentuk, y Palmer, 2004) en que el abordaje anterior en la artrografía de hombro es seguro y no es traumático, especialmente cuando el sitio de inyección utilizado es el tercio superomedial de la cabeza humeral. Además, cuando la inyección se produce a través del intervalo rotador, la bursa subcoracoidea que frecuentemente se veía involucrada con la técnica convencional de Schneider et al., (1975), puede ser evitada.

Basándonos en los resultados de nuestro trabajo (Redondo et al., 2008), el punto de inyección superomedial se muestra superior respecto al inferomedial y al espacio glenohumeral. De los 78 pacientes de nuestro estudio, no se observaron problemas en el diagnóstico de artroRM condicionados por el punto de punción. No se encontraron distorsiones del labrum anterosuperior, del ligamento glenohumeral superior o del ligamento coracohumeral cuando el sitio de inyección utilizado fue el intervalo rotador. En solo dos pacientes, en los que la inyección del contraste se realizó utilizando el espacio articular glenohumeral, fue necesaria la reposición de la aguja para obtener una adecuada distribución del material de contraste en el espacio articular. En ambos casos se observó extravasación extraarticular del material de contraste. Estos resultados, junto con lo anteriormente comentado en relación con la reducción de las variables: tiempo de radiólogo, tiempo de exposición a la radiación y dolor/ malestar del paciente durante el procedimiento registrado con la escala verbal y con la escala analógica visual (VAS), apoyan el uso del tercio superomedial de la cabeza humeral para la realización de la artrografía de hombro por vía anterior (Redondo et al., 2008)

Los resultados de nuestro trabajo (Redondo et al., 2008) ponen de manifiesto que cuando el procedimiento artrográfico se realiza en el tercio superomedial de la cabeza humeral es muy bien tolerado por los pacientes y de forma similar el tiempo de radiólogo, el de exposición a radiación así como el dolor/molestias de los pacientes durante el procedimiento registrado tanto en la escala verbal como en la escala analógica visual (VAS) son menores respecto a los resultados de los otros dos espacios estudiados.

Por todo ello, la inyección intraarticular del contraste en la artrografía de hombro usando como referencia el tercio superomedial de la cabeza humeral es una técnica más

simple y rápida de realizar en comparación con los otros dos sitios de punción: tercio inferomedial de la cabeza humeral y el espacio articular glenohumeral.

La artrografía de hombro requiere de la realización de una punción e inyección intraarticular de contraste. Para ello, previa a la realización de la punción se toman medidas de asepsia y se inyecta anestésico local, para anestesiar la piel en el sitio donde se va a realizar la punción. Con esta medida se busca minimizar el dolor y/o las molestias que pueda sufrir el paciente durante la punción e inyección intraarticular del contraste (Chandnani et al., 1993; Farmer et al., 2002; Depélteau et al., 2004; Chung et al., 2001; Berná-Serna et al., 2006; Zilbert, 2002; Sönmez et al., 2002; Stiles et al., 1993).

Como alternativa al uso de inyección subcutánea de anestésicos, nosotros utilizamos la crema EMLA<sup>®</sup> (2,5% lidocaina, 2,5% prilocaina). La crema EMLA<sup>®</sup> combina dos anestésicos locales y es más efectiva que cuando los anestésicos que la componen se utilizan de forma independiente (lidocaina o prilocaina) y su efecto anestésico alcanza una profundidad de hasta 1,85 mm (Bjerring, 1990), suficiente para prevenir el dolor asociado con la inserción de la aguja o catéter. Tiene un 10% de tasa de absorción al aplicarse sobre la piel, y baja incidencia de efectos secundarios. En la revisión de la literatura, únicamente se describen dos casos de metahemoglobinemia en dos niños con dosis altas de crema EMLA<sup>®</sup>, debido a la inmadurez enzimática para la oxidación de los metabolitos de la prilocaina (Jakobson et al., 1985). Por ello se trata de un medicamento seguro que no irrita la piel y cuya superioridad respecto a otros anestésicos locales ha sido demostrada en numerosos estudios, como en la circuncisión de los niños, en operaciones de ginecología menor, realización de galactografía, y en el tratamiento con láser de las lesiones dermatológicas (Schneider et al., 1975; Berná-Serna et al., 2008).

En nuestro estudio se aplicó crema EMLA<sup>®</sup> en un grupo de 50 pacientes, 20 minutos antes de la punción, como alternativa a la inyección de anestésico subcutáneo, y se comprobó que el dolor experimentado por los pacientes cuando el procedimiento fue llevado a cabo por el residente fue en la escala verbal de 0,67+/- 0,76 (SD), rango (0-2) y con la escala analógica visual (VAS) se obtuvo una media de 1,10+/- 1,07 (SD), rango (0-3). En el grupo realizado por el médico adjunto los resultados fueron: con escala verbal de 0,67 +/-0,76 (SD), rango de (0-1) y con la escala VAS la media fue de 1,28+/-1,07 (SD), rango (0-3). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo del médico adjunto y el del residente. No se encontraron asociaciones significativas entre el dolor y la edad, el sexo o el radiólogo que realizó la punción.

En la Tabla 23 se muestran nuestros resultados comparados con los de otros autores (Depélteau et al., 2004; Binkert et al., 2001). En la serie de Dépelteau et al., (2004) se describe una media de 2,7 en la escala VAS con el uso de lidocaína como anestésico local, en un grupo de 25 casos realizados por radiólogos expertos y una media de 3,2 en la escala VAS en un grupo de 40 pacientes realizados por residentes. En la serie de Binkert et al., (2001) sobre 202 artroRM de hombro consecutivas, se muestra una media en la escala VAS de 1,61+/-1,64 (SD).

Tabla 23. Comparación de los resultados de este estudio donde se utilizó la crema anestésica EMLA® con otros estudios que usaron inyección subcutánea del anestésico.

<b>DOLOR (VAS)</b>	<b>ADJUNTO</b>	<b>RESIDENTE</b>
BINKERT	1,61+/-1,64(SD)	
DEPELTEAU	2,7	3,2
BERNA-REDONDO	1,28+/-1,07(SD)	1,10+/-1,07(SD)

El rango de dolor con el empleo de la crema anestésica EMLA® es inferior al publicado en distintas series que usan anestésico local inyectado, independientemente de la edad, sexo y de la persona que realiza la punción (residente o adjunto).

La aplicación de la crema EMLA® previa a la punción intraarticular reduce el estrés psicológico de los pacientes con temor a las agujas y a las inyecciones: el 100% de los pacientes prefirieron el empleo de la crema anestésica a una inyección subcutánea de anestésico.

En función de los resultados obtenidos, nosotros proponemos utilizar EMLA® crema en el protocolo habitual de artroRM de hombro ya que es un anestésico local fácil de aplicar, seguro, eficaz y muy bien tolerado por el paciente.

El uso de la crema EMLA® reduce el dolor experimentado durante la artrografía de hombro, minimiza la ansiedad y facilita la realización del procedimiento.

En la actualidad la fluoroscopia convencional continúa siendo la modalidad de imagen estándar utilizada como guía para realizar la artrografía de hombro. Se puede utilizar también la TC convencional y la TC fluoroscopia como métodos guía para la

inyección intraarticular del material de contraste (Neviaser, 1980). Sin embargo, la TC convencional y la TC fluoroscopia requieren mayor dosis de radiación que la fluoroscopia convencional (Neviaser, 1980)

También se ha descrito el uso de la ecografía como método guía para la inyección intraarticular de contraste, e incluso se ha propuesto la artrosonografía como alternativa a la artroRM en el estudio de la patología del labrum, de la glenoides y en la fractura de la cabeza humeral (Lee et al., 2003; Le Correler et al., 2008; Koivikko et al., 2008). Aunque no existe todavía evidencia suficiente para promover su uso de modo sistemático en la práctica clínica.

La principal desventaja de la TC en sus distintas modalidades así como de la fluoroscopia convencional como método guía en la artrografía del hombro, es su potencial exposición a la radiación tanto por parte del paciente como del radiólogo.

Según el criterio ALARA que aboga por una dosis de radiación tan baja como sea razonable, se describe el concepto de protección radiológica y la necesidad de minimizar al máximo las dosis de radiación (Smith, 1991).

Tras haber revisado la literatura sobre artrografía de hombro, sólo hemos encontrado un trabajo donde se comparen la dosis de radiación entre la CT fluoroscópica, la CT y la fluoroscopia convencional en la realización de artroTC de hombro (Binkert et al., 2003). En este estudio se demuestra que con la fluoroscopia convencional se usa mucha menos dosis de radiación que con las distintas modalidades de TC.

Hay que señalar que en la metodología utilizada por Binkert et al., (2003) para medir la dosis en la superficie del paciente, se utilizan medidas realizadas sobre un maniquí

de polimetilmetacrilato, a partir de las que se calcula las dosis medias absorbidas por los distintos órganos así como la dosis efectiva de radiación.

Se compara nuestro estudio (Campos et al., 2009) utilizando la placa con sistema de coordenadas radioopacas para determinar el sitio óptimo de punción, con el trabajo de Binkert et al., (2003), considerando el tiempo de exposición, dosis absorbida en órganos así como la dosis efectiva de fluoroscopia convencional. En nuestro estudio, el tiempo promedio de exposición fue de 19 ms, la media de dosis en aire fue de 0,409 mGy, y la media de la dosis efectiva fue de 0,0008 mSv. Estos resultados fueron significativamente inferiores que los publicados en la literatura, como se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24. Comparación del presente estudio con el trabajo de Binkert et al., (2003), considerando el tiempo de exposición, dosis absorbida en órganos así como la dosis efectiva de fluoroscopia convencional.

	Binkert et al. (A)	Campos-Redondo (B)	$\Delta$ (%)
Tiempo de exposición (ms)	9000	17.8	1992
Pulmón (mGy)	0.003	0.0019	-37
Tiroides (mGy)	0.007	0.0010	-86
Médula ósea (mGy)	0.009	0.0019	-78
Dosis efectiva (mSv)	0.0015	0.0008	-47

$$\Delta(\%) = 100 \cdot \frac{(A - B)}{(A + B)/2}$$

Al comparar los datos de nuestro estudio (Campos et al., 2009) con los publicados por Binkert et al., (2003), se observó una reducción muy importante del tiempo de exposición a la radiación del paciente y ausencia de radiación sobre el radiólogo que realiza la prueba usando la placa con coordenadas radioopacas en la realización del estudio.

Asimismo, se aprecia una reducción muy significativa de la dosis de radiación sobre el pulmón, tiroides y médula ósea, así como de la dosis efectiva de radiación, al utilizar el método artrográfico descrito en nuestro estudio (Campos et al., 2009).

La diferencia de la dosis de radiación sobre el corazón, está determinada claramente por su situación en el lado izquierdo del tórax y por lo tanto sólo va a estar expuesto cuando la artrografía se realice en el hombro izquierdo. Al ser la dosis efectiva sobre el corazón muy inferior a la que se obtiene en el resto de órganos, este hecho tiene poca influencia (Smith, 1991).

Los resultados dosimétricos obtenidos en nuestro trabajo, donde se utilizó como referencia una placa de coordenadas radioopacas para evitar la utilización de fluoroscopia, son aproximadamente un 50% inferiores a los reflejados en estudios que han utilizado fluoroscopia convencional para guiar la inserción de la aguja (Binkert et al., 2003).

Además de la reducción de dosis de radiación sobre los pacientes, hay que destacar que mediante la técnica descrita las dosis que recibe el personal sanitario que interviene en el proceso de la artrografía son nulas. Este es un motivo más para elegir la técnica descrita en este estudio como técnica habitual.

En los procedimientos radiológicos se debe intentar reducir la dosis de radiación tanto sobre el personal sanitario involucrado como sobre los pacientes, tratando de este modo de optimizar la técnica empleada.

Según el procedimiento descrito no es necesario obtener más de 3-4 imágenes radiográficas por paciente, para verificar la correcta inyección intraarticular del contraste.

## **8.CONCLUSIONES**

1. La técnica artrográfica de hombro descrita en este estudio es sencilla, segura, rápida y reproducible. Además, permite seleccionar de forma precisa el sitio de punción sin necesidad de guía fluoroscópica. Este procedimiento puede ser de ayuda en la formación de residentes y puede reducir la curva de aprendizaje de los radiólogos sin experiencia en procedimientos artrográficos.

2. El mejor sitio de punción para la realización de la artrografía de hombro por vía anterior es el tercio superomedial de la cabeza humeral, pues permite llevar a cabo el procedimiento de forma sencilla, rápida y segura.

3. El uso de la crema anestésica reduce el dolor de los pacientes durante el procedimiento, minimiza la ansiedad y facilita la realización de la artrografía de hombro.

4. Mediante la técnica artrográfica descrita en este trabajo se consigue reducir la dosis de radiación sobre el paciente, y se evita la exposición del radiólogo a la radiación.

## **9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Andreisek, G., Duc, SR., Froehlich, JM., Doler, J., Weishaupt, D. (2007). MR arthrography of the shoulder, hip and wrist: evaluation of contrast dynamics and image quality with increasing injection-to-imaging time. *Am J Roentgenol*, Apr; 88(4), 1081-8.
- Antonio, GE., Griffith, JF., Yu, AB., Yung, PS., Chan, KM., Ahuja, AT. (2007). First-time shoulder dislocation: High prevalence of labral injury and age-related differences revealed by MR arthrography. *J Magn Reson Imaging*, Oct; 26(4), 983-91.
- Basar, H., Basar, MM., Ozcan, S., Akpınar, S., Basar, H., Batislam, E. (2005). Local anesthesia in transrectal ultrasound-guided prostate biopsy: EMLA cream as a new alternative. *Scandinavian Journal of Urology and Nephrology*, 39(2), 130-134.
- Beltran J., Bencardino, J., Padrón, M., Shankman, S., Beltran, L., Ozkarahan, G. (2002). The middle glenohumeral ligament: Normal anatomy variants and pathology. *Skeletal Radiol*, May; 31 (5), 253-262.
- Beltran, J., Jbara, M., Maimon, R. (2003a). Shoulder: Labrum and bicipital tendon. *Top Magn Reson Imaging*, 14 (1), 35-49.
- Beltran, J., Kim, DH. (2003b). MR imaging of shoulder instability injuries in the athlete. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, May11(2), 221-238.
- Bencardino, JT., Beltran, J. (2006). MR imaging of the glenohumeral ligaments. *Radiol Clin North American*, Jul; 44(4), 489-502.
- Bergin, D., Schweitzer, ME. (2003). Indirect magnetic resonance arthrography. *Skeletal Radio*, Oct 32(10), 551-8.
- Berná-Serna, JD., Redondo, MV., Martínez, F., Reus, F., Alonso, J., Parrilla, A., et al. (2006a). A simple technique for shoulder arthrography. *Acta Radiol*, Sep; 47 (7), 725-929.

- Berná-Serna, JD., Martinez, F., Reus, M., Alonso, J., Domenech-Ratto, G. (2006b). Wrist arthrography: a simple method. *Eur Radiol*, Feb; 16(2), 468–72.
- Berná-Serna, JD., Redondo, MV., Durán, I., Berná-Mestre, JD. (2008). Galactography without discomfort using Lidocaine/Prilocaine anesthetic cream. *Acta Radiol*, Feb; 49(1), 22-4.
- Binkert, CA., Zanetti, M., Hodler, J. (2001). Patient's Assessment of discomfort during MR Arthrography of the shoulder. *Radiology*, Dec; 2001; 221(3), 775-778.
- Binkert, CA, Verdun, FR., Zanetti, M., Pfirrmann, CW., Hodler, J. (2003). CT Arthrography of the glenohumeral joint: CT fluoroscopy versus conventional CT and fluoroscopy-comparison of image-guidance techniques. *Radiology*, Oct; 229(1), 153-158.
- Bjerring, P., Arendt-Nielsen, L. (1990). Depth and duration of skin analgesia to needle insertion after topical application of EMLA cream. *Br J Anaesth*, Feb; 64(2), 173-177.
- Blanchard, TK., Bearcroft, PW., Dixon AK., Lomas, DJ., Teale, A., Constant, BL., Hazleman, CR. (1997). Magnetic resonance imaging or arthrography of the shoulder: which do patients prefer? *Br J Radiol*, Aug; 70 (836), 786-790.
- Bonetto, G., Salvatico, E., Varela, N., Cometto, C., Gómez, PF., Calvo, B. (2008). Pain prevention in term neonates: randomised trial for three methods. *Arch Argent Pediatr*, Oct 106 (5), 392-396.
- Breakey, VR., Pirie, J., Goldman, RD. (2007). Goldman Pediatric and Emergency Medicine Residents' Attitudes and Practices for Analgesia and Sedation. *Pediatric*, Mar;119(3), 631-636.

- Breivik, EK., Björnsson, GA., Skovlund, E. (2000). A comparison of pain rating scales by sampling from clinical trial data. *Clin J Pain*, 16(1), 22-28.
- Campos, P., Redondo, MV., Berná-Serna, JD., Reus, M., Martínez, F. (2009). Optimization of the dose of radiation in shoulder arthrography. *Radiología*, May-Jun;51(3), 282-286.
- Carlson, SK., Bender, CE., Classic, KL., Zink, FE., Quam, JP., Ward, EM., Oberg, AL. (2001). Benefits and safety of CT fluoroscopy in interventional radiologic procedures. *Radiology*, 219 (2), 515–520.
- Castagna, A., Nordenson, U., Garofalo, R., Karlsson J. (2007). Minor shoulder instability. *Arthroscopy*, Feb; 23(2), 2115-2122.
- Catalano, OA., Manfredi, R., Vanzulli, A., Tomei, E., Napolitano, M., Esposito, A. Et al. (2007). MR arthrography of the glenohumeral joint: modified posterior approach without imaging guidance. *Radiology*, Feb; 242(2), 550-554.
- Cerezal, L., Abascal, F., Garcia-Valtuille, R., Del Piñal, F. (2005). Wrist MR arthrography. How, why, and when? *Radiol Clin North Am*, Jul; 43(4), 709-31.
- Cerezal, L., García-Valtuille, R., Canga, A., Rolón, A., Abascal, F. (2006a). Técnica e indicaciones de la resonancia magnética artrografía: extremidad superior. *Radiología*, Nov-Dec 48 (6), 341-356.
- Cerezal, L., Abascal, F., Canga, A., García-Valtuille, R., Rolon, A. (2006b). A. Magnetic resonante arthrography indications and technique. *Radiology*, Nov-Dec 48(6), 357-368.

- Chandnani, VP., Yeager, TD., DeBernardino, T., Christensen, K., Gagliardi, JA., Heitz, DR. et al. (2007). Glenoid labral tears: prospective evaluation with MR imaging, MR arthrography, and CT arthrography. *Am J Roentgenol*, 1993; 161 (6), 1229-1235.
- Chang, D., Mohana-Borges, A., Borso, M., Chung, CB. (2008). SLAP lesions: Anatomy, clinical presentation, MR imaging diagnosis and characterization. *Eur J Radiolog*, Oct; 68 (1), 72-87.
- Chatti, K., Esseghaier, S., Oueslati, S., Zidi, MT., Bouassida, N., Ben Reguiga, M. et al. (2007). Utility of joint distension during arthrography in treatment of adhesive capsulitis of the shoulder in a study of 20 patients. *Tunis Med*, Jul; 85 (7), 546-548.
- Chung, CR., Dwek, JR., Feng, S., Resnick, D. (2001). MR arthrography of the glenohumeral joint: a tailored approach. *Am J Roentgenol*, 177(1), 217-219.
- Cothran RL Jr. (2006). Imaging in evaluating the rotator cuff. *J Surg Orthop Adv*, 2006 Fall; 15(3), 132-139.
- Cotten, A., Jacobson, J., Brossmann, J., Pedowitz, R., Haghghi, P., et al. (1997). Collateral ligaments of the elbow: Conventional MR imaging and MR arthrography with coronal oblique plane and elbow flexion. *Radiology*, 204(3), 806-812.
- Daly B, Templeton BA. (1999). Real time CT fluoroscopy: evolution if an interventional tool. *Radiology*, 211(2), 309-315.
- Dalinka, MK., Osterman, AL., Albert, AS., Harty, M. (1981). Wrist arthrography. *Radiol Clin North Am*, Jan: 14(1), 193-215.
- De Filippo, M., Bertellini, A., Sverzellati, N., Pogliacomi, F., Costantino, C., Vitale, M. et al. (2008). Multidetector computed tomography arthrography of the shoulder: diagnostic accuracy and indications. *Acta Radiol*, Jun;49(5), 540-549.

- De Mey, J., Op de Beeck, B., Meysman, M., Noppen, M., De Maeseneer, M., Vanhoey, M. et al et al. (2000). Real time CT-Fluoroscopy: diagnostic and therapeutic applications. *Eur J Radiol*, Apr; 34(1), 32-40.
- Demirci, H., Erdamar, H., Karakoc, A., Arslan, M. (2008). Thyroid fine needle aspiration biopsy: Is topical local anaesthesia beneficial? *Int J Clin Pract*, Sep 17.
- Demouy, EH., Menendez, CV., Bodin, CJ. (1997). Palpation-directed (non-fluoroscopically guided) saline -enhanced MR arthrography of the shoulder. *Am J Roentgenol*, Jul; 169(1), 229-31.
- Dépelteau, H., Bureau, J., Cardinal, E., Aubin, B., Brassard, P. (2004). Arthrography of the shoulder: a simple fluoroscopically guided approach for targeting the rotator cuff interval. *Am J Roentgenol*, 182(2), 329-32.
- Dewing, CB., McCormick, F., Bell, SJ., Solomon, DJ., Stanley, M., Rooney, TB. et al. (2008). An analysis of capsular area in patients with anterior, posterior, and multidirectional shoulder instability. *Am J Sports Med*, Mar; 36(3), 515-22.
- Dinauer, PA., Flemming, DJ., Murphy, KP., Doukas, WC. (2007). Diagnosis of superior labral lesions: comparison of noncontrast MRI with indirect MR arthrography in unexercised shoulders. *Skeletal Radiol*, Mar;36(3), 195-202.
- Drescher, R., Rothenburg, TV., Ludwig, J., Köster, O., Schmid, G. (2004). Direct MR-arthrography of the shoulder with maximum capsular distension for surgical planning. *Rofo*, Oct; 176(10), 1469-1474.
- Ehara, S., Itoi, E., Sashi, R. (2004). Injection of rotator interval for shoulder Arthrography. *Am J Roentgenol*, Oct; 183 (4), 1172-1173.

- El-Dalati, G., Castellarin, G., Martone, E., Ricci, M., Vecchini, E., Caffarri, S., et al. (2005). Standard sonography and arthrosonography in the study of rotator cuff tears. *Radiol Med*, Nov-Dec; 110(5-6), 616-622.
- Elentuk, E., Palmer, WE. (2004). Direct magnetic resonance arthrography. *Eur Radiol*, 14(11), 1956–1967.
- Ernst, RD., Kim, HS., Kawashima, A., Middlebrook, MR., Sandler, CM. (2000). Near real-time CT fluoroscopy using computer automated scan technology in nonvascular interventional procedures. *Am J Roentgenol*, 174 (2), 319-321.
- Escobedo, EM., Richardson, ML., Schulz, YB., Hunter, JC., Green, JR3rd., Messick, KJ. (2007). Increased risk of posterior glenoid labrum tears in football players. *Am J Roentgenol*, Jan; 188(1), 193-197.
- Fanelli, GP., D'Erme, M., Francioso, A., Flecca, D., La Barbera, L., Martinelli, M. et al. (2007). 64-slice MDCT arthrography in shoulder instability: our experience. *Radiol Med*, Jun; 112(4), 572-580.
- Farmer, KD., Hughes, PM. (2002). MR arthrography of the shoulder: Fluoroscopically guided technique using a posterior approach. *Am J Roentgenol*, Feb; 178(2), 433-434.
- Fernández, GC., Berástegui-Imaz, M., Pérez-Arroyuelos, I., Prada González, R., Velasco Casares, M., Tardáguila, FM. (2008). MR arthrography of the shoulder. Description and evaluation of the technique using a US-guided pediatric spinal needle. *Radiología*, Jul-Aug; 50 (4), 297-302.
- Ficat, RP., Philippe, J. (1981). Contrast arthrography of the synovial joints. Nueva York: Masson Publishing.

- Froelich, JJ., Saar, B., Hoppe, M., Ishaque, N., Walthers, EM., Regn, J., Klose, KJ. (1998). Real time CT fluoroscopy for guidance of percutaneous drainage procedures. *J Vasc Interv Radiol*, 9(5), 735-740.
- Froelich, JJ., Wagner, HJ., Ishaque, N., Alfke, H., Scherf, C., Klose, KJ. (2000). Comparison of C-Arm CT fluoroscopy and conventional fluoroscopy for percutaneous biliary drainage procedures. *J Vasc Interv Radiol*, 11(4), 477-482.
- Funk, L., Snow, M. (2007). SLAP tears of the glenoid labrum in contact athletes. *Clin J Sport Med*, Jan; 17(1), 1-4.
- Gaskin, CM., Golish, SR., Blounnt, KJ., Diduch, DR. (2007). Anomalies of the long head of the biceps brachii tendon: clinical significance, MR arthrographic findings, and arthroscopic correlation in two patients. *Skeletal Radiol*, Aug; 36(8), 785-789. Epub Mar 23.
- Gianfelice, D., Lepanto, L., Perreault, P., Chartrand-Lefebvre, C., Milette, PC. (2000a). Effect of the learning process on procedure times and radiation exposure for CT fluoroscopy-guided percutaneous biopsy procedures. *J Vasc Interv Radiol*, 11(9), 1217-1221
- Gianfelice, D., Lepanto, L., Perreault, P., Chartrand-Lefebvre, C., Milette, PC. (2000b). Value of CT fluoroscopy for percutaneous biopsy procedures. *J Vasc Interv Radiol*, Jul-Aug; 11(7), 879-884.
- Gradin, M., Eriksson, M., Holmqvist, G., Holstein, A., Schollin, J. (2002). Pain Reduction at Venipuncture in Newborns: Oral Glucose Compared With Local Anesthetic Cream. *Pediatrics*, Dec; 110(6), 1053 -1057.

- Haaga JR, Alfidi RJ. (1976). Precise biopsy localization by computer tomography. *Radiology*, Mar;118(3), 603-607
- Hayt DB. (1987). Use of light localizer in fluoroscopically guided percutaneous procedures. *Am J Roentgenol*, Sep; 149(3), 623-624.
- Harryman, DT., Sidles, JA., Harris, SL., Matsen, FA. (1992). The role of the rotator interval capsule in passive motion and stability of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am*, Jan; 74(1), 53-66.
- Helgason, JW., Chandnani, VP. (1997). MR arthrography: a review of current technique and applications. *Am J Roentgenol*, 168 (6), 1473-1480.
- Hirose, T., Mori, K., Machida, S., Tominaga, K., Yokoi, K., Adachi, M. (2000). Computed tomographic fluoroscopy-guided transthoracic needle biopsy for diagnosis of pulmonary nodules. *Jpn J Clin Oncol*, Jun; 30(6), 259-262.
- Hodler, J., Kursunoglu-Brahme, S., Snyder, SJ., Cervilla, V., Karzel, RP., Schweitzer, ME., et al et al. (1992). Rotator cuff disease: assessment with MR arthrography versus standard MR imaging in 36 patients with arthroscopic confirmation. *Radiology*, 182(2), 431-436.
- Hugo, PC., Newberg, AH., Newman, JS., Wetzner, SM. (1998). Complications of arthrography. *Sem. Musculoskeletal Radiol*, 2(4), 345-348.
- Huskisson EC. (1974). Measurement of pain. *Lancet*, Nov; 2 (7889), 1127-1131.
- Jakobson, B., Nilsson, A. (1985). Methemoglobinemia associated with prilocaine-lidocaine cream and trimethoprim-sulphamethoxazole: a case report. *Acta Anaesthesiol Scand*, May; 29(4), 453-455.

- Jacobson, JA., Lin, J., Jamadar, D., Hayes, C. (2003). Aids to successful shoulder arthrography performed with a fluoroscopically guided anterior approach. *RadioGraphics*, Mar-Apr; 23(2), 373–378.
- Jbara, M., Chen, Q., Marten, P., Morcos, M., Beltran, J. (2005). Shoulder MR arthrography: how, why, when. *Radiol Clin N Am*, Jul; 43(4), 683–692.
- Jin, W., Ryu, KN., Kwon, SH., Rhee, YG., Yang, DM. (2006). MR arthrography in the differential diagnosis of type II superior labral anteroposterior lesion and sublabral recess. *Am J Roentgenol*, Oct; 187(4), 887-893.
- Jung, JY., Yoon, YC., Yi, SK., Yoo, J., Choe, BK. (2009a) Comparision study of Indirect MR arthrography and direct MR arthrography of the shoulder. *Skeletal Radiol*, Jul; 38 (7), 659-667.
- Jung, JY., Yoon, YC., Choi, SH., Kwon, JW., Yoo, J., Choe, BK. (2009b). Three-dimensional isotropic shoulder MR arthrography: comparision with two-dimensional MR arthrography for the diagnosis of labral lesions at 3.0T. *Radiology*, Feb; 250(2), 498-505.
- Katada, K., Kato, R., Anno, H., Ogura, Y., Koga, S., Ida, Y. et al. (1996). Guidance with real-time CT fluoroscopy: early clinical experience. *Radiology*, 200(3), 851–856.
- Kato, R., Katada, K., Anno, H., Suzuki, S., Ida, Y., Koga, S. (1996). Radiation dosimetry at CT fluoroscopy: physician’s hand dose and development of needle holders. *Radiology*, Nov; 201(2), 576-578.
- Kickuth, R., Kirchner, J., Laufer, U., Sanner, B., Haske, M., Liermann, D. (2000). Better visualization of transbronchial biopsy using CT fluoroscopy. *Cardiovasc Intervent Radiol*, Sep-Oct; 23(5), 347-350.

- Kiloran, PJ., Marcove, RC., Freiburger, RH. (1968). Shoulder Arthrography. *Am J Roentgenol*, 103, 658 – 668.
- Kim, KC., Rhee, KJ., Shin, HD. (2009). Adhesive capsulitis of the shoulder: dimensions of the rotator interval measured with magnetic resonance arthrography. *J Shoulder Elbow Surg*, May-Jun; 18(3), 437-42.
- Kirchner, J., Kickuth, R., Walz, MV., Schilling, EM., Laufer, U., Liermann, D. (1999). CFT-guided puncture of an unenhanced isodense liver lesion during continuous intravenous injection of contrast medium. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 22, 528-530.
- Kleiber, C., Sorenson, M., Whiteside, K., Gronstal, BA., Tannous, R. (2002). Topical Anesthetics for Intravenous Insertion in Children: A Randomized Equivalency Study. *Pediatrics*, Oct. 110(4), 758 - 761.
- Koivikko MP, Koskinen SK. (2007). Is subcutaneous local anesthesia in shoulder magnetic resonance arthrography necessary? *Acta Radiol, Sep*; 48(7), 741-743.
- Koivikko, MP., Mustonen, AO. (2008). Shoulder Magnetic Resonance Arthrography: A Prospective Randomized Study of Anterior and Posterior Ultrasonography-Guided Contrast Injections. *Acta Radiol*, Oct; 49(8), 912-917.
- Krupashankar DS. (2008). Standard guidelines of care: CO2 laser for removal of benign skin lesions and surfacing. *Indian J Dermatol Venereol Leprol*, Jan 74 suppl, 61-67.
- Latarjet-Ruiz Liard. (1995). *Anatomía Humana*. (3ra ed. vol 1.) Madrid: Editorial panamericana.
- Le Corroller, T., Cohen, M., Aswad, R., Pauly, V., Champsaur, P. (2008). Sonography of the painful shoulder: role of the operator's experience. *Skeletal Radiol*, Nov; 37(11), 979-986.

- LeMaitre, L., Mestdagh, P., Marecaux-Delomez, J., Valtille, P., Dubrulle, F., Biserte, J. (2000). Percutaneous nephrostomy: Placement under laser guidance and real time CT Fluoroscopy. *Eur Radiol*, 10(6), 892-895.
- Lecouvet, FE., Simoni, P., Koutaïssoff, S., Vande Berg, BC., Malghem, J., Dubuc, JE. (2008). Multidetector spiral CT arthrography of the shoulder. Clinical applications and limits, with MR arthrography and arthroscopic correlations. *Eur J Radiol*, Oct; 68(1), 120-136.
- Lee, HS., Lee, KW., Han, TI., Kim, HJ., Choi, YS., Han, HY., et al. (2003). Arthrosonography of the Shoulder Joint for Evaluation of the Glenoid Labrum, Glenoid Rim and Humeral Head: Comparison with conventional Ultrasonography and MR Arthrography. *J Korean Radiol Soc*, Jan; 48(1), 69-76.
- Lee, MJ., Motamedi, K., Chow, K., Seeger, LL. (2008). Gradient-recalled echo sequences in direct shoulder MR arthrography for evaluating the labrum. *Skeletal Radiol*, 2008 Jan; 37(1), 19-25.
- Loustau, O., Sans, N., Despeyroux-Ewers, ML., Chiavassa-Gandois, H., Vial, J., Raillhac, JJ. (2006). Shoulder pain: imaging examinations. *Rev Prat*, Sep 30; 56(14), 1539-1547.
- Lubiatowski, P., Splawski, R., Manikowski, W., Dabrowska, A., Romanowski, L. (2003). Magnetic resonance arthrography of the shoulder. *Ortop Traumatol Rehabil*, Aug 30; 5(4), 426-432.
- Lundberg BJ. (1969). The frozen shoulder clinical and radiographical observations, the effect of manipulation under general anesthesia, structure and glycosaminoglycan content of the joint capsule, local bone metabolism. *Acta Orthop Scan. Suppl*, 119, 1-59.

- Magee, T., Williams, D., Mani, N. (2005). Shoulder MR arthrography: which patient group benefits most? *Am J Roentgenol*, May; 184(5), 1708-1709.
- Magee T. (2009). 3T MRI of the shoulder: Is MR arthrography necessary? *Am J Roentgenol*, Jan; 192 (1), 86-92.
- MacKenzie, JD. (2008). MR arthrography made simple: indications and techniques. *Pediatr Radiol*, May; 38 Suppl 2, 240-242.
- Mendieta-Sevilla, SR., de Lourdes Muñoz-Carlin, M., Canto-Vera, R, González-Pérez, CE., Trejo-Trejo, JS., Torres-Zavala, A. (2009). Evaluation with ultrasound and arthro-ultrasonography of complete rotator cuff rupture. *Rev Invest Clin*, Jan-Feb; 61 (1), 33-40.
- Mohana-Borges, AV., Chung, CB., Resnick, D. (2004). MR Imaging and MR arthrography of the postoperative shoulder: spectrum of normal and abnormal findings. *Radiographics*, Jan-Feb:24(1), 69-85.
- Morag, Y., Jacobson, JA., Shields, G., Rajani, R., Jamadar, DA., Miller, B., et al. (2005). MR Arthrography of rotator interval, long head of the biceps brachii, and biceps pulley of the shoulder. *Radiology*, Apr; 235(1), 21-30.
- Mueller PR, vanSonnenberg E. (1990). Interventional radiology in the chest and abdomen. *N Engl J Med*, May 10; 322(19), 1364-1374.
- Mulligan, ME. (2008). CT-guided shoulder arthrography at the rotator cuff interval. *Am J Roentgenol*, Aug: 191(2), 58-61.
- Nawfel, RD., Judy, PF., Silverman, SG., Hooton, S., Tuncali, K., Adams, DF. (2000). Patient and personnel exposure during CT fluoroscopy-guided interventional procedures. *Radiology*, Jul:216(1), 180-184.

- Nazir MS, Holdcroft A. (2009). Local anaesthetic drugs: adverse effects as reported through the ADROIT system in the UK. *Pharmacoepodemiol Drug Saf*, Jul 21.
- Neviaser TJ. (1980). Arthrography of the shoulder. *Orthop Clin North Am*, 1980 Apr; 11(2), 205-217.
- Newberg, AH., Munn, CS., Robbins, AH. (1985). Complications of arthrography. *Radiology*, Jun 155(3), 605-606.
- Noel, C., Campagna, R., Minoui, A., Thévenin, F., Richarme, D., Feydy, A., et al. (2008). Fissures of the posterior labrum and associated lesions: CT arthrogram evaluation. *Radiol*, Apr; 89(4), 487-493.
- Oberholzer J. (1933). Die Arthropneumoradiographie bei Habituellem Shulterluxation. *Röntgen praxis*, 5, 589-590.
- Oh, DK., Yoon, YC., Kwon, JW., Choi, SH., Jung, JY et al. (2009). Comparison of indirect isotropic MR arthrography and conventional MR arthrography of labral lesions and rotator cuff tears: a prospective study. *Am J Roentgenol*, Feb; 192 (2), 473-479.
- Oh, JH., Kim, SH., Lee, HK., Jo, KH., Bae, KJ. (2008). Trans-Rotator Cuff Portal Is Safe for Arthroscopic Superior Labral Anterior and Posterior Lesion Repair: Clinical and Radiological Analysis of 58 SLAP Lesions. *Am J Sports Med*, Oct; 36(10), 1913-1921.
- Oh, JH., Kim, JY., Choi, JA., Kim, WS. (2009). Effectiveness of multidetector computed tomography arthrography for the diagnosis of shoulder pathology: Comparison with magnetic resonance imaging with arthroscopic correlation. *J Shoulder Elbow Sur*, Jun 23.

- Ouellette, H., Labis, J., Bredella, M., Palmer, WE, Sheah, K., Torriani, M., et al. (2008). Spectrum of shoulder injuries in the baseball pitcher. *Skeletal Radiol*, Jun;37 (6), 491-498.
- Parker, JF., Vats, A., Bauer, G. (2004). EMLA Toxicity after application for allergy skin testing. *Pediatrics*, Feb; 113(2), 410 - 411.
- Petersilge, CA., Lewin, JS., Duerk, JL., Hatem, SF. (1997). MR arthrography of the shoulder: rethinking traditional imaging procedures to meet the technical requirements of MR imaging guidance. *Am J Roentgenol*, Nov. 169(5), 1453-1457.
- Probyn, LJ., White, LM., Salonen, DC., Tomlinson, G., Boynton, EL. (2007). Recurrent symptoms after shoulder instability repair: direct MR arthrographic assessment--correlation with second-look surgical evaluation. *Radiology*, Dec; 245(3), 814-823.
- Rafii, M., Minkoff, J. (1998). Advanced arthrography of the shoulder with CT and MR imaging. *Radiol Clin N Am*, Jul:36(4), 609–633.
- Rakofsky, M. (1981). *Fractional arthrography of the shoulder*. Nueva York: Masson Publishing.
- Rand, T., Freilinger, W. Breitenheher, M., Tratting, S., Garcia, M., Landsiedl, F. et al. (1999). Magnetic resonance arthrography (MRA) in the postoperative shoulder. *Magn Reson Imaging*, 17 (6), 843-850.
- Redondo, MV., Berná-Serna, JD., Campos, PA., Reus, M., Martínez, F., Campos, M., et al. (2008). MR arthrography of the shoulder using an anterior approach: optimal injection site. *Am J Roentgenol*, Nov; 191(5), 1397-1400.
- Resnick D. (1981). Shoulder arthrography. *Radiol Clin North Am*, 19, 243–253.

- Resnick, D., Kang, HS. (1997). *Internal derangements of joints. Emphasis on MR imaging*. Philadelphia: WB Saunders Company.
- Resnick D. (2001). *Huesos y articulaciones en imagen*. (2da ed). Madrid: Marbán.
- Robbins, M., Anzilotti, KF., Katz, LD., Lange, RC. (2000). Patient perception of resonance arthrography. *Skeletal Radiol*, May; 29(5), 265-269.
- Rowan, KR., Andrews, G., Spielmann, A., Leith, J., Forster, BB. (2007). MR shoulder arthrography in patients younger than 40 years of age: frequency of rotator cuff tear versus labroligamentous pathology. *Australas Radiol*, Jun; 51(3), 257-259.
- Saupe, N., White, LM., Bleakney, R., Schweitzer, ME., Recht, MP., Jost, B., et al. (2008). Acute traumatic posterior shoulder dislocation: MR findings. *Radiology*, 2008 Jul; 248(1), 185-193.
- Saupe, N., Zanetti, M., Pfirrmann, CW., Wels, T., Schwenke, C., Hodler, J. (2009). Pain and other side effects after MR arthrography: prospective evaluation in 1085 patients. *Radiology*, Mar; 250(3), 830-838.
- Schmidt, D., Schätzl, M., Fink, U., Wiggershausen, T. (1993). A comparison of digital radiography and conventional x-ray diagnosis for shoulder arthrography. *Aktuelle Radiol*, Sep;3(5), 305-308.
- Schneider, R., Ghelman B, Kaye JJ. (1975). A simplified injection technique for shoulder arthrography. *Radiology*, Mar; 114(3), 738–739.
- Schweiger, GD., Yip, YP., Brown, BP. (2000a). CT Fluoroscopic guidance for percutaneous needle placement into abdominopelvic lesions with difficult access routes. *Abdom Imaging*, Nov-Dec; 25(6), 633-637.

- Schweiger GD. (2000b). Computed tomography fluoroscopy: techniques and applications. *Curr Probl Diagn Radiol*, 29(1), 1-26.
- Schweiger, GD., Brown, BP., Pelsang, RE., Dhadha, RS., Barloon, TJ., Wang, G. (2000c). CT Fluoroscopy: technique and utility in guiding biopsies of transiently enhancing hepatic masses. *Abdom Imaging*, Jan-Feb; 25(1), 81-85.
- Shaffer, B., Tibone, JE., Kerlan, RK. (1992). Frozen shoulder: a long term follow-up. *J Bone Joint Surg Am*, Jun; 74(5), 738-746.
- Shahabpour, M., Kichouh, M., Gielen, JL., De Mey, J. (2008). The effectiveness of diagnostic imaging methods for the assessment of soft tissue and articular disorders of the shoulder and elbow. *Eur J Radiol*, Feb; 65(2), 194-200.
- Shankman, S., Bencardino, J., Beltran, J. (1999). Glenohumeral instability: Evaluations using MR arthrography of the shoulder. *Skeletal Radiol*, Jul 28(7), 365-382.
- Sheafor, DH., Paulson, EK., Kliwer, MA., DeLong, DM., Nelson, RC. (2000). Comparison of sonographic and CT guidance techniques: does CT fluoroscopy decrease procedure time? *Am J Roentgenol*, 174(4), 939-942.
- Silverman, SG., Tuncali, K., Adams, DF., Nawfel, RD., Zou, KH., Judy, PF. (1999). CT Fluoroscopy-guided abdominal interventions: Techniques, results, and radiation exposure. *Radiology*, Sep 212 (3), 673-681.
- Simpson, JK., Budge, R. (2004). Treatment of frozen shoulder using distension arthrography (hydrodilatation) quiz: a case series. *Australas Chiropr Osteopathy*, Jul; 12(1), 25-35.

- Smith, H. (1991). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection International Commission on Radiological Protection publication no. 60. In: (ed) *Annals of the ICRP*, vol 21, issues 1-3. Annex C. Pergamon, Oxford
- Soh, E., Bearcroft, PW., Graves, MJ., Black, R., Lomas, DJ. (2008). MR-guided direct arthrography of the glenohumeral joint. *Clin Radiol*, 63(12), 1336-1341.
- Song, HT., Huh, YM., Kim, S., Kim, SJ., Suh, JS. (2009). The usefulness of virtual MR arthroscopy as an adjunct to conventional MR arthrography in detecting anterior labral lesions of the shoulder. *Am J Roentgenol*, Apr; 192 (4), 149-155.
- Sönmez, K., Demirogullari, B., Ekingen, G., Türkyilmaz, Z., Karabulut, R., Basaklar, AC., et al. (2002). Randomized placebo-controlled treatment of anal fissure by lidocain, EMLA and GTN in children. *J Pediatr Surg*, 37(9), 1313-1316.
- Souza, PM., Aquiar, RO., Marchiori, E., Bardoe, SA. (2009) Arthrography of the shoulder: A modified ultrasound guided technique of joint injection at the rotator interval. *Eur J Radiol*, Apr 24.
- Spies, V., Butz, B., Altjohann, C., Feuerbach, S., Link, J. (2000). CT-guided biopsies, drainage and percutaneous gastrostomies: comparison of punctures with and without CT fluoroscopy. *Rofo*, Apr; 172(4), 374–380.
- Stecco, A., Brambilla, M., Puppi, AM., Lovisolo, M., Boldorini, R., Carriero, A. (2007). Shoulder MR arthrography: in vitro determination of optimal gadolinium dilution as a function of field strength. *J Magn Reson Imaging*, Jan; 25(1), 200-207.
- Stecco, A., Brambilla, M., Puppi, AM., Lovisolo, M., Boldorini, R. (2008). Virtual MR arthroscopy of the shoulder: image gallery with arthroscopic correlation of major pathologies in shoulder instability. *J Orthop Traumatol*, Dec; 9 (4), 187-193

- Steinbach, LS. (1998). *Shoulder magnetic resonance Imaging*. Philadelphia, Pa: Lippincott-Raven.
- Steinbach LS. (2008). MRI of shoulder instability. *Eur J Radiol*, Oct. 68 (1), 57-71.
- Stiles, RG., Otte, MT. (1993). Imaging of the shoulder. *Radiology*, 188(3), 603-613.
- Taddio. A., Ohlsson, A., Einarson, TR., Stevens, B., Koren, G. (1997). Efficacy and safety of lidocaine–prilocaine cream for pain during circumcision. *N Engl J Med*, 336 Apr 24; (17), 1197-1201.
- Taddio. A., Ohlsson, A., Einarson, TR., Stevens, B., Koren, G. (1998). A Systematic Review of Lidocaine-Prilocaine Cream (EMLA) in the Treatment of Acute Pain in Neonates. *Pediatrics*, Feb. 101(2).
- Takayasu, K., Muramatsu, Y., Muramatsu, Y., Kobayashi, T. (1999). CT fluoroscopy –assisted needle puncture and ethanol injection for hepatocellular carcinoma: a preliminary study. *Am J Roentgenol*, 173 (5), 1219-1224.
- Teeuwisse, WM., Geleijns, J., Broerse, JJ., Obermann, WR., Van Persijn van Meerten, EL. (2001). Patient and staff dose during CT guided biopsy, drainage and coagulation. *Br J Radiol*, Aug; 74(884), 720–726.
- Tuite MJ, Owin JF. (1996). Anterosuperior labral variants of the shoulder: appearance on gradient-recalled-echo and fast spin echo MR images. *Radiology*, May 199(2), 537-540.
- Tuite MJ, et al. (2007). Shoulder MR arthrography of the posterior labrocapsular complex in overhead trowers with pathologic internal impingement and internal rotation deficit. *Skeletal Radiol*, Jun; 36(6), 494-502

- Tveita, EK., Tariq, R., Sesseng, S., Juel, NG., Bautz-Holter, E. (2008). Hydrodilatation, corticosteroids and adhesive capsulitis: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*, Apr 19; 9, 53.
- Uhari, M. (1993). A Eutectic Mixture of Lidocaine and Prilocaine for Alleviating Vaccination Pain in Infants. *Pediatrics*, Nov. 92(5), 719 - 721.
- Usmani, H., Pal Singh, S., Quadir, A. Chana, RS. (2009). A comparison between EMLA cream application versus lidocaine infiltration for postoperative analgesia after inguinal herniotomy in children. *Reg Anesth Pain Med*, Mar-Apr; 34(2), 106-109.
- Vahlensieck, M., Reiser, M. (2000). *RM Musculo-esquelética*. Madrid: Marban.
- Vanderbeck, J., Fenlin, J. (2007). Shoulder: what the orthopaedic doctor needs to know. *Semin Musculoskelet Radiol*, Mar; 11(1), 57-65.
- Vandevenne, JE., Vanhoenacker, F., Beaulieu, CF., Bergman, AG., Butts Pauly, K., Dillingham, MF., et al. (2008). All-in-One Magnetic Resonance Arthrography of the Shoulder in a Vertically Open Magnetic Resonance Unit. *Acta Radiol*, Oct.; 49(8), 918-927.
- Van der Woude, HJ., Vanhoenacker, FM. (2007). MR arthrography in glenohumeral instability. *JBR-BTR*, Sep-Oct; 90(5), 377-383.
- Vanhoenacker, FM., Van der Woude, HJ., Vanhoenacker, PK., De Praeter, G. (2007). MR arthrography of the rotator cuff. *JBR-BTR*, Sep-Oct; 90(5), 338-344.
- White, CA., Meyer, CA., Templeton, PA. (2000). CT Fluoroscopy for thoracic interventional procedures. *Radiol Clin North Am*, 38(2), 303-322.
- Woertler K. (2007). Multimodality imaging of the postoperative shoulder. *Eur Radiol*, Dec; 17(12), 3038-3055.

- Wagner, SC., Schweitzer, ME., Morrison, WB., Fenlin, JM.jr., Bartolozzi, AR. (2002). Shoulder instability: accuracy of MR imaging performed after surgery in depicting recurrent injury-initial findings. *Radiology*, 222 (1), 196-203.
- Wischer, TK., Bredella, MA., Genant, HK., Stoller, DW., Bost, FW., Tirman, PF. (2002). Perthes lesion (a variant of the Bankart lesion): MR imaging and MR arthrographic findings with surgical correlation. *Am J Roentgenol*, Jan; 178(1), 223-227.
- Yamada, J., Stinson, J., Lamba, J., Dickson, A., McGrath, PJ., Stevens, B. (2008). A review of systematic reviews on pain interventions in hospitalized infants. *Pain Res Manag*, Sep-Oct; 13(5), 413-420.
- Yilmaz, MH., Kantarci, F., Adaletli, I., Ulus, S., Gulsen, F., Ozer, H. et al. (2007). Pain & resistance in patients with adhesive capsulitis during contrast material injection phase of MR arthrography. *Indian J Med Res*, Apr; 125(4), 572-576.
- Zempsky, WT., Cravero, JP. (2004). Medicine Relief of Pain and Anxiety in Pediatric Patients in Emergency Medical Systems. *Pediatrics*, Nov; 114(5), 1348 - 1356.
- Zilbert. (2002). A Topical anesthesia for minor gynaecological procedures: a review. *Obstet Gynecol Surv*, Mar; 57(3), 171-178.
- Zubler, C., Mengiardi, B., Schmid, MR., Hodler, J., Jost, B., Pfirrmann, CW. (2007). MR arthrography in calcific tendinitis of the shoulder: diagnostic performance and pitfalls. *Eur Radiol*, Jun; 17(6), 1603-1610.

**10. ANEXOS:**  
**TRABAJOS PUBLICADOS A PARTIR DE**  
**ESTA TESIS DOCTORAL**

### **ANEXO 1.**

“A Simple Technique for Shoulder Arthrography”. Publicado en Acta radiológica 2006; 47(7): 725-729.

AUTORES: Berná-Serna JD, Redondo MV, Martínez F, Reus M, Alonso J, Parrilla A, Campos PA.

### **ANEXO 2.**

“MR Arthrography of the shoulder using an anterior approach: optimal injection site”. American Journal of Roentgenology (AJR) 2008; 191:1397–1400

AUTORES: Redondo MV, Berná-Serna JD, Campos PA, Reus M, Martínez F, Campos M, Doménech E.

### **ANEXO 3.**

“Optimización de las dosis de radiación en la artrografía de hombro”. Publicado en Radiología. 2009. May-Jun; 51(3):282-286.

AUTORES: Campos PA, Redondo MV, Berná-Serna JD, Reus M, Martínez F.

**ANEXO 1:**

“A Simple Technique for Shoulder Arthrography”.

Reproducido de Acta radiológica 2006; 47(7): 725-729.

## **ABSTRACT**

El objetivo del trabajo fue presentar un procedimiento de aprendizaje para la realización de la artrografía del hombro. Mediante el empleo de una placa adhesiva con coordenadas radioopacas, se pueden determinar con precisión los sitios de punción sin necesidad de guía fluoroscópica. Se realizaron 46 artrogramas en 45 pacientes, en un caso se estudiaron ambos hombros. En el artículo se describen las distintas fases de la técnica con detalle. La intensidad del dolor se registró en todos los pacientes mediante el empleo de una escala verbal.

Las artrografías se realizaron con éxito en todos los casos. El tiempo medio del procedimiento fue de 7 minutos y no hubo diferencias entre los radiólogos que realizaron la prueba (radiólogo experto y residente en formación). El procedimiento fue bien tolerado por la mayor parte de los pacientes, con un leve discomfort en algunos casos.

En conclusión, la técnica de artrografía de hombro utilizada en este estudio es sencilla, rápida, segura, reproducible, y tiene la ventaja de poder localizar de forma precisa el sitio óptimo de punción, sin necesidad de guía fluoroscópica. El procedimiento descrito puede ayudar en el aprendizaje de residentes y puede reducir la curva de aprendizaje de los radiólogos sin experiencia previa en métodos artrográficos. Asimismo, con este procedimiento se reduce la exposición a la radiación de los pacientes.

## A Simple Technique for Shoulder Arthrography

J. D. BERNÁ-SERNA, M. V. REDONDO, F. MARTÍNEZ, M. REUS, J. ALONSO, A. PARRILLA & P. A. CAMPOS  
 Department of Radiology, Virgen de la Arrixaca University Hospital, El Palmar (Murcia), Spain; Department of Human Anatomy, Faculty of Medicine, University of Murcia, Murcia, Spain

Berná-Serna JD, Redondo MV, Martínez F, Reus M, Alonso J, Parrilla A, Campos PA. A simple technique for shoulder arthrography. *Acta Radiol* 2006;47:725-729.

**Purpose:** To present a systematic approach to teaching a technique for arthrography of the shoulder. Using an adhesive marker-plate with radiopaque coordinates, precise sites for puncture can be identified and the need for fluoroscopic guidance obviated.

**Material and Methods:** Forty-six glenohumeral arthrograms were performed in 45 patients; in 1 case involving examination of both shoulders. The stages of the technique are described in detail, as are the fundamental aspects of achieving an effective glenohumeral injection. Pain intensity was measured in all patients using a verbal description scale.

**Results:** Shoulder arthrography was successful in all cases. Average time taken for the procedure was 7 min, with no difference in the respective times required by an experienced radiologist and a resident. The procedure was well tolerated by most patients, with slight discomfort being observed in a very few cases.

**Conclusion:** The arthrographic technique used in this study is simple, safe, rapid, and reproducible, and has the advantage of precise localization of the site for puncture without need for fluoroscopic guidance. The procedure described in this study can be of help in teaching residents and can reduce the learning curve for radiologists with no experience in arthrographic methods. It also reduces the time of exposure to fluoroscopy.

**Key words:** Arthrography; joint; shoulder

Dr. Juan D. Berná-Serna, Department of Radiology, Virgen de la Arrixaca University Hospital, 30120-El Palmar (Murcia), Spain (fax. +34968019267, e-mail. jdberna@um.es)

Accepted for publication 7 April 2006

Several methods of shoulder arthrography have been described since OBERHOLZER first described his technique in 1933 (3, 6, 8, 9, 11, 12). The anterior approach is commonly employed for insertion of the needle under fluoroscopic guidance. It is important to bear in mind that the articular space contains the glenohumeral joint, but that it also extends as far as the anatomical neck of the humeral head, and that more of the articular surface of the humeral head is exposed when the shoulder is in external rotation (6). Consequently, several areas may be selected when determining the puncture site. The method considered to be standard (12) uses the glenohumeral joint at the junction of the middle and lower thirds. In a recent work (3), a modified anterior approach was used for shoulder arthrography through the rotator cuff interval lying between the supraspinatus muscle and the subscapularis muscle and basically comprising the upper third of the humeral head, another puncture area is located at the junction of the middle and lower thirds of the

medial humeral head (6). Currently, shoulder arthrography is performed as the first phase of a diagnostic process that includes computed tomography (CT) or magnetic resonance imaging (MRI) (4, 7, 10). An accurate and atraumatic shoulder arthrography technique is essential, especially when the examination is followed by MRI (6). Problematic aspects associated with this technique which is usually carried out under fluoroscopic control, are the dose of radiation received by the patient and the length of time needed to carry out the procedure. Intra-articular insertion of the needle under fluoroscopic control needs a period of time that has obvious repercussions on the dose of radiation to both patient and examiner (1). These aspects are minimized when the procedure is carried out by an experienced radiologist. The key to successful shoulder arthrography is the use of a systematic method that permits precise determination of the puncture site. This is essential for easy teaching of the technique and also for learning by

residents and radiologists with little or no experience in arthrography. In this study, a simple reproducible method is described for shoulder arthrography, by which an adhesive marker-plate with radiopaque coordinates enables intra-articular insertion of the needle without the need for fluoroscopic guidance.

### Material and Methods

Forty-six shoulder arthrographies were performed in 45 patients (26 M and 19 F, age range 20–75 years, mean 41 years) sent for MR arthrography Examination of both shoulders was performed in one patient. The patients were examined for glenohumeral instability (n525), suspicion of a tear in the rotator cuff (n512), and chronic shoulder pain (n58). The study was approved by the Institutional Review Board. All patients were given detailed information about the procedure and informed consent was obtained. They all underwent US examination of the shoulder before MR arthrography, and in 28 cases the distance from the skin to the cortex of the medial humeral head or from the skin to the glenohumeral articular space was determined in order to select the correct length of spinal needle to be used in the arthrographic procedure. Twenty-nine of the 46 shoulder arthrographic examinations were performed by a radiologist with 15 years' experience in shoulder arthrography; after prior demonstration of the technique, the 17 remaining procedures were carried out by a resident under the constant supervision of the experienced radiologist throughout the performance of all procedures. The stages for performance of the arthrographic procedure are described below.

### Determination of the puncture site

Patients were placed in a supine position on the fluoroscopy table (Siregraph CF; Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany) with the shoulder in external rotation. In cases where this position caused discomfort, or was impossible to achieve the shoulder was placed in neutral rotation. Rigorous aseptic measures were applied and an adhesive marker-plate was placed on an area of skin over the humeral head and the glenohumeral joint in order to facilitate identification of the site for needle insertion (Fig. 1A). Previously, the device has been employed for wrist arthrography (1). The X-ray tube should be perpendicular to the area of interest. This is fundamental if the needle is to be advanced properly in the direction of the X-ray beam, and to

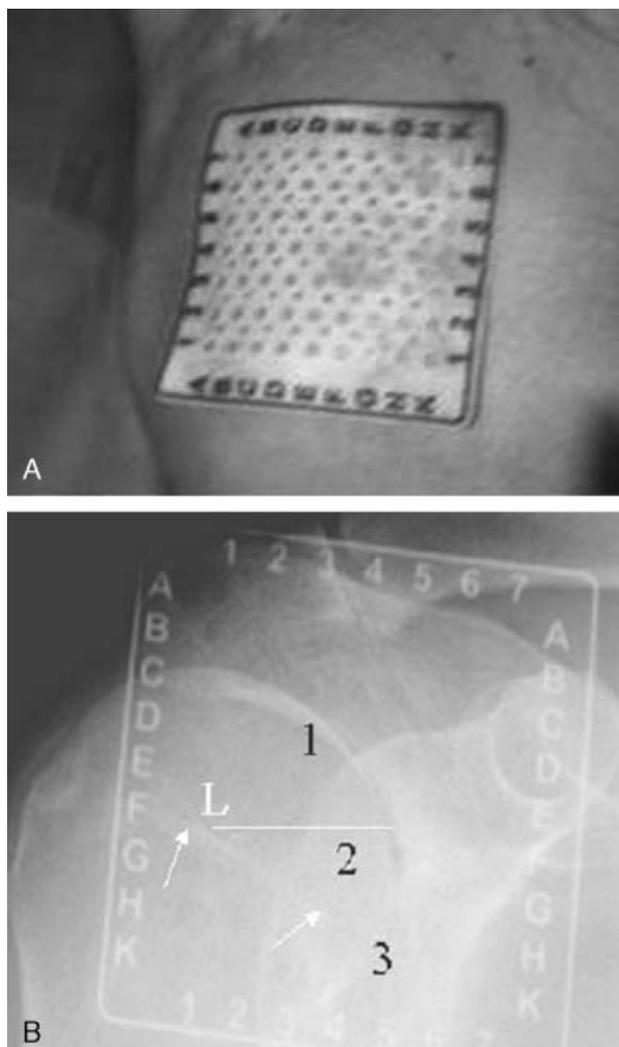


Fig. 1. A. Photograph showing adhesive marker-plate in place on the area of interest. B. Image showing the radiopaque coordinates and the possible sites for puncture. 1) Upper third of the articular space; 2) area of the lower third near to the middle third of the articular space; 3) area of the glenohumeral joint space between the middle third and the lower third. (L) Horizontal line from the center of the line from the anatomic neck (arrows) to the cortex of the medial humeral head.

ensure correct alignment to avoid parallel distortion and subsequent inaccurate needle placement. Next a fluoroscopic spot image was obtained and the puncture site was determined. Puncture sites used were as follows: 1) Upper third of the medial humeral head; 2) lower third of the humeral head near to the middle third and the medial cortex of the humeral head; 3) area between the middle and lower thirds of the glenohumeral joint. The configuration of these areas is obtained by tracing a notional horizontal line from the center of the sclerotic line corresponding to the anatomical neck of the humeral head as far as the cortex of the humeral head (Fig. 1B). Once the glenohumeral joint is

selected, in order to avoid contact with the glenoid labrum it is important that the puncture site is close to the cortex of the medial humeral head. Puncture sites varied between the three sites described above. In selecting the puncture site, one must ensure that the coracoid process is not interposed on the trajectory of the needle.

#### Needle insertion

After subcutaneous infiltration of 1 ml of the local anesthetic (2% mepivacaine) in the puncture site, a 22-gauge 1.5-inch (40 mm) or 22-gauge 3.5-inch (88 mm) spinal needle was used. The needle was advanced vertically in an anteroposterior direction progressively and slowly, until it contacted the humeral head when area 1 or area 2 of the humeral head was selected or until a change in resistance was

perceived when the glenohumeral joint was entered. Next, a fluoroscopic spot image was obtained to confirm the localization of the tip of the needle (Fig. 2A). Once it was considered that the needle was within the articular space, and after aspiration of joint effusion, a tube was connected between the needle and the syringe and a small test injection was performed (3, 6). If the needle is in the articular space there will be little resistance to the injection. If the needle is located in the hyaline cartilage an increase in resistance to the injection of anesthetic will be perceived, in which case the needle may be manipulated by rotating or by slightly moving it back (or the shoulder may be rotated internally) in order to facilitate intra-articular positioning of the needle (6, 8). At first, all punctures were performed using a long spinal needle. Subsequently, by means

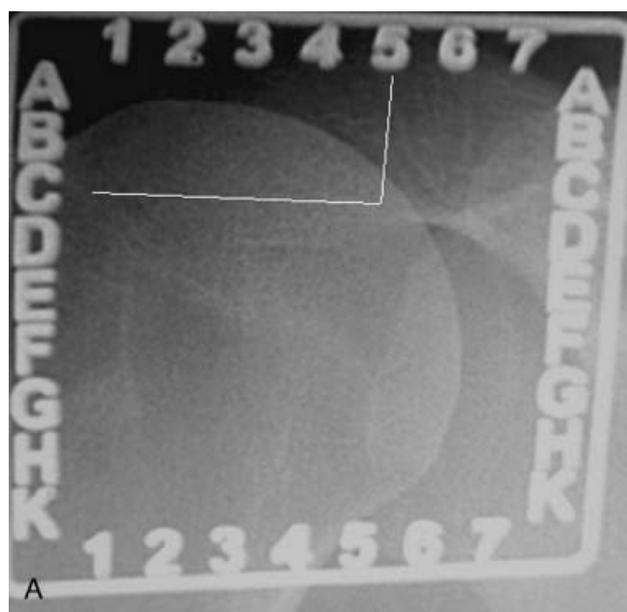


Fig. 2. A 52-year-old patient with glenohumeral instability. A. Image showing the radiopaque coordinates and the site selected for puncture, coordinates 5-C. B. Image showing the tip of the needle in the area of the upper third of the humeral head. C. Glenohumeral arthrogram verifying the intra-articular distribution of the contrast material.

of US examination, when the skin-to-articular-space distance was  $\leq 3$  cm, a short spinal needle was employed, and when this distance was  $>3$  cm a long spinal needle was employed.

#### Injection of contrast material

Once a positive test injection with local anesthetic has been achieved, almost always indicating successful positioning of the needle in the articular space, a small quantity of contrast material must be injected in order to verify the correct placement of the needle (Fig. 2B and C). Between 2 ml and 4 ml of gadopentate dimeglumine (Magnevist; Schering Berlin, Germany) was diluted in a 100 ml mixture containing 50 ml of sterile saline and 50 ml of iopamide (Ultravist 330; Schering, Berlin, Germany). It is essential to ensure that no air is introduced in order to avoid artifacts in MRI. The solution was slowly injected until the joint capsule was appropriately distended, with an average total volume of approximately 14 ml of injected material (range 9–20 ml). After the needle is removed, two or three layers of gauze must always be placed over the puncture site and secured with adhesive tape, which also serves to compress. On completing the arthrographic examination, pain intensity was measured in all patients using a 6-point verbal descriptor scale (0=no pain, 1=mild, 2=discomforting, 3=distressing, 4=intense, 5=excruciating). Next, the MRI examination was performed less than 45 min after the glenohumeral injection to avoid absorption of contrast material and loss of capsular distention. Good quality images were obtained in all cases.

Total radiologist times were recorded for each procedure, i.e. from positioning of the adhesive marker-plate on the shoulder to withdrawal of the needle.

#### Results

The 46 glenohumeral arthrographic examinations performed on the 45 patients were carried out successfully. The positioning of the arm during the arthrographic examination was: in exterior rotation in 29 procedures (63%) and in neutral rotation in 17 (37%). The areas corresponding to the selected puncture sites were as follows: the upper third of the humeral head was used in 16 (34.7%) glenohumeral injections, the lower third in 15 (32.6%), and the glenohumeral joint in 15 (32.6%). The punctures performed in the upper third of the medial humeral head were carried out using a short spinal needle in 6 arthrographic examinations and a long spinal needle in 10; punctures in the lower third involved

the use of a short spinal needle in 8 cases and a long spinal needle in 7; punctures in the glenohumeral articular space involved the use of a short spinal needle in 3 cases and a long spinal needle in 12 cases. In the arthrographic procedures performed, the spot images obtained occupied a total time for fluoroscopy of less than 30 ms in each patient. Average total radiologist time was 7 min (range 5–10 min). No differences were observed in arthrographic procedure times between the experienced radiologists and the resident. On the verbal pain scale employed in 26 arthrographic procedures (56.5%), the patients indicated point 0 (no pain) and in the remaining 20 procedures (43.5%) the patients indicated point 1 (mild). The level of pain experienced by patients was similar regardless of whether the procedure was carried out by the resident or by the experienced radiologist. In all procedures, the intra-articular positioning of the needle was successfully achieved at the first attempt. The procedure was well tolerated by most patients, with slight discomfort being observed in a very few cases. No complications were observed.

#### Discussion

Shoulder arthrography is commonly performed in conjunction with CT or, now more frequently, with MRI (4, 7, 10). Various procedures have been described for obtaining glenohumeral arthrograms (3, 6, 8, 9, 11, 12). Most radiologists prefer to use the anterior approach for performing the intra-articular injection, though some authors (2, 5) prefer the posterior approach, especially in patients with suspicion of anterior instability, because this procedure avoids iatrogenic injury and the potential interpretative errors in diagnosis. However, it has been considered that similar results can be obtained from a fluoroscopically guided anterior approach (6).

There are several essential factors in achieving successful arthrographic examination of the shoulder via the anterior approach (3, 6): supine positioning of the patient with the shoulder in external rotation; selection of the puncture site close to the cortex of the medial humeral head; insertion of the needle parallel to the fluoroscopy beam; a positive anesthetic test injection; avoidance of capsular distention by overinjection of contrast material (15 ml is the recommended volume); and confirmation of intra-articular needle placement with iodinated contrast material. In concordance with other authors (3, 6), as an aberrant injection of iodinated contrast material could mask the area and

make further visualization difficult, we prefer to make test injections with a local anesthetic; this almost invariably ensures intra-articular positioning of the needle. Although we consider that the US examination is not essential for selection of the spinal needle, the distance from the skin to the cortex of the medial femoral head or from the skin to the glenohumeral articular space is determined in the examination commonly carried out in patients who are candidates for MR arthrography. We have observed that in most patients short spinal needles can be used in both the upper third and the lower third of the medial humeral head. In these puncture sites, long spinal needles should be used only in shoulders with voluminous soft parts. The short needles are easier to use than the long ones and possible movements of the needle, once inserted, are prevented as almost the entire needle is then inside soft parts. However, we do recommend the use of long spinal needles for puncture of the glenohumeral articular space.

Shoulder arthrography is usually performed under fluoroscopic guidance. In the present study fluoroscopic spot images were obtained for confirmation purposes during the procedure. In most cases (82%), only three fluoroscopic spot images were required. This prevents irradiation of the radiologist and reduces radiation exposure to the patient. The site of the intra-articular puncture was determined without difficulty by use of the adhesive marker-plate without the need for fluoroscopic guidance. The adhesive marker-plate is sterile and single-use and will shortly be commercialized.

When an arthrographic technique is systematic, it can be performed effectively while minimizing injury to the articular structures (6). The findings observed in this present study indicate that the technique employed is safe. No difference was observed in procedure performance time by the experienced radiologist and the time taken by the resident, or in the levels of pain experienced by patients in procedures carried out by one or the other. The technique of shoulder arthrography is typically learned during radiology residency (6). The technique described in

this study can be of help in teaching residents as it is basically very easy to learn and to perform.

In conclusion, the technique for shoulder arthrography described is simple, rapid, and reproducible. It facilitates the teaching/learning of the procedure and can reduce the learning curve for radiologists with no experience in arthrographic methods.

#### Acknowledgment

We thank Matías Pérez-Hernández for technical assistance.

#### References

1. Berná-Serna JD, Martínez F, Reus M, Alonso J, Domenech-Ratto G. Wrist arthrography: a simple method. *Eur Radiol* 2006;16:468–72.
2. Chung CB, Dwek JR, Feng S, Resnick D. MR arthrography of the glenohumeral joint: a tailored approach. *Am J Roentgenol* 2001;177:217–19.
3. Depelteau H, Bureau NJ, Cardinal E, Aubin B, Brassard P. Arthrography of the shoulder: a simple fluoroscopically guided approach for targeting the rotator cuff interval. *Am J Roentgenol* 2004;182:329–32.
4. Elentuk D, Palmer WE. Direct magnetic resonance arthrography. *Eur Radiol* 2004;14:1956–67.
5. Farmer KD, Hughes PM. MR arthrography of the shoulder: fluoroscopically guided technique using a posterior approach. *Am J Roentgenol* 2002;178:433–4.
6. Jacobson JA, Lin J, Jamada DA, Hayes CW. Aids to successful shoulder arthrography performed with a fluoroscopically guided anterior approach. *RadioGraphics* 2003;23:373–9.
7. Jbara M, Chen Q, Marten S, Morcos M, Beltrán J. Shoulder MR arthrography: how, why, when. *Radiol Clin N Am* 2005;43:683–92.
8. Neviasser TJ. Arthrography of the shoulder. *Orthop Clin N Am* 1980;11:205–17.
9. Oberholzer J. Die arthropneumoradiographie bei habitueller Schulterluxation. *Röntgen praxis* 1933;5:589–606.
10. Rafii M, Minkoff J. Advanced arthrography of the shoulder with CT and MR imaging. *Radiol Clin N Am* 1998;36:609–33.
11. Resnick D. Shoulder arthrography. *Radiol Clin N Am* 1981;19:243–53.
12. Schneider R, Ghelman B, Kaye JJ. A simplified injector technique for shoulder arthrography. *Radiology* 1975; 114:738–9.

## **ANEXO 2.**

“MR Arthrography of the shoulder using an anterior approach: optimal injection site”.

Reproducido de AJR 2008; 191:1397-1400.

## ABSTRACT

El objetivo de este trabajo fue optimizar la RM artrografía de hombro comparando tres sitios de punción diferentes, utilizados por distintos grupos de trabajo y descritos en la literatura. Se realizaron 78 exámenes artrográficos y los pacientes fueron distribuido de forma aleatorizada en tres grupos de 26 cada uno, dependiendo del sitio elegido para la punción: tercio superomedial de la cabeza humeral, tercio inferomedial de la cabeza humeral y espacio articular glenohumeral. Se utilizó una placa con coordenadas radioopacas para realizar la artrografía. Se registró el tiempo de radiólogo y el tiempo de exposición a la radiación, así como la intensidad de dolor experimentado por los pacientes, mediante el empleo de una escala analógica visual (VAS). Los distintos grupos se compararon usando un análisis de varianza y el método de mínima diferencia significativa. La artrografía se realizó con éxito en todos los casos. La media de exposición a la radiación fue de  $20.9 \pm 7.8$  (SD) milisegundos, y el tiempo medio de radiólogo fue de  $6.4 \pm 0.8$  minutos. La media de la intensidad de dolor con la escala VAS fue  $1.7 \pm 0.9$ , y los valores menores se observaron en aquellos pacientes en los que la punción se realizó en el tercio superomedial de la cabeza humeral. Los tiempos de radiólogo y de exposición a la radiación fueron también menores en este grupo, con diferencias estadísticamente significativas entre el tercio superomedial y los otros sitios de punción ( $p < 0.005$ ).

En conclusión, el sitio óptimo de punción, en el abordaje por vía anterior de la artrografía de hombro, es el tercio superomedial de la cabeza humeral. Se trata de un acceso sencillo, rápido y bien tolerado por los pacientes y que además reduce la dosis de radiación.

# MR Arthrography of the Shoulder Using an Anterior Approach: Optimal Injection Site

María V. Redondo<sup>1</sup>  
Juan D. Berná-Serna<sup>1</sup>  
Pedro A. Campos<sup>2</sup>  
Manuel Reus<sup>1</sup>  
Francisco Martínez<sup>3</sup>  
Matilde Campos<sup>4</sup>  
Ernesto Domenech<sup>1</sup>

**OBJECTIVE.** The purpose of our study was to optimize anterior MR arthrography of the shoulder by comparing three injection sites.

**MATERIALS AND METHODS.** Seventy-eight patients were divided into three groups of 26 each, according to the injection site selected: the upper third of the medial part of the humeral head, the lower third of the medial part of the humeral head, or the area between the middle and lower thirds of the glenohumeral joint. A marker plate with radiopaque coordinates was used in performing the technique. Radiologist time and exposure time were recorded, and the intensity of the patient's pain was measured using a Visual Analogue Scale (VAS). Groups were compared using variance analysis and the least significant difference method.

**RESULTS.** Shoulder arthrography was considered satisfactory for all three injection sites. Mean exposure time was  $20.9 \pm 7.8$  (SD) milliseconds, and mean radiologist time was  $6.4 \pm 0.8$  minutes. Mean pain intensity registered by the VAS was  $1.7 \pm 0.9$ , the lowest values tending to be those recorded by patients who received an injection in the upper third. Exposure and radiologist times were lower for these latter patients; differences between the upper third and the other two areas were statistically significant ( $p < 0.005$ ).

**CONCLUSION.** The optimal injection site for anterior MR arthrography of the shoulder is the upper third of the humeral head, a simple, rapid procedure that is well tolerated by patients and reduces the radiation dose administered.

**Keywords:** arthrography, joint, shoulder

DOI:10.2214/AJR.08.1014

Received April 3, 2008; accepted after revision June 2, 2008.

<sup>1</sup>Department of Radiology, Virgen de la Arrixaca University Hospital, 30120-El Palmar, Murcia, Spain. Address correspondence to J. D. Berná-Serna (jdberna@um.es).

<sup>2</sup>Department of Radiation Protection, Virgen de la Arrixaca University Hospital, Murcia, Spain.

<sup>3</sup>Department of Orthopedic Surgery, Virgen de la Arrixaca University Hospital, Murcia, Spain.

<sup>4</sup>Department of Biostatistics, Murcia University, Murcia, Spain.

AJR 2008; 191:1397–1400

0361–803X/08/1915–1397

**S**houlder arthrography was first performed in 1933 by Oberholzer [1]. Since then, several methods have been described for the same procedure [2–13]. At present, shoulder arthrography is performed as the first phase of a diagnostic process that includes MRI or CT [14–16].

One of the most difficult aspects of shoulder arthrography is determining the best place for injection. Although the most commonly used approach is the anterior, the exact site is still a topic of debate. One of the three following sites is usual: the upper third of the medial part of the humeral head, the lower third of the medial part of the humeral head, or the area between the middle and lower thirds of the glenohumeral joint that corresponds to the Schneider standard technique [2]. To our knowledge, no comparative study of the three areas has been performed to determine the optimal injection site for MR arthrography of the

shoulder. Such was the aim of this study.

## Materials and Methods Patients

Between February 2005 and September 2007, a prospective randomized block design was followed to study 78 consecutive MR arthrography examinations (50 men and 28 women). The mean age of the patients was 45.2 years (range, 15–75 years). The criteria for inclusion in the study were glenohumeral instability ( $n = 43$ ), chronic shoulder pain ( $n = 20$ ), suspicion of a tear in the rotator cuff ( $n = 14$ ), and adhesive capsulitis ( $n = 1$ ). The criteria for exclusion were fracture in the shoulder area, anticoagulant treatment or coagulation problems, history of allergy to contrast material, and articular infection or inflammation. The study was approved by our institutional review board. All patients were given detailed information about the procedure and informed consent was obtained.

## Technique

The areas corresponding to the injection sites were defined by tracing a notional horizontal line from the center of the sclerotic line corresponding to the anatomic neck of the humeral head as far as

the cortex of the humeral head (Fig. 1). Injection sites were the upper third of the medial part of the humeral head, the lower third of the medial part of the humeral head, and the area between the middle and lower thirds of the glenohumeral joint.

The 78 patients were randomly distributed by permuted and equilibrated blocks of six patients to the three injection sites. In this way we were sure that after the use of every block the quantity of participants assigned to each of the injection sites would turn out to be equivalent and equilibrated at the end of the study. Thus, three groups of 26 patients were obtained with equal probability for the three injection sites. Arthrography examinations were performed consecutively by two examiners. The first 39 injections (13 patients for each of the injection sites) were performed by a staff radiologist with 17 years of experience with arthrography. The remaining 39 were performed by a resident in training who had no experience with arthrography but who was always supervised by the experienced radiologist.

Before arthrography was performed, a thick coating of 2 g of 5% EMLA cream (AstraZeneca; a 1:1 mixture of 2.5% lidocaine and 2.5% prilocaine) was applied to the skin corresponding to the glenohumeral joint area and covered with an occlusive dressing for 20–60 minutes (mean, 35 minutes). When the patient was in the fluoroscopy room, the anesthetic cream was removed with an alcohol swab before starting the examination.

Patients were placed in a supine position on the fluoroscopy table (Siregraph CF, Siemens Medical Solutions) with the shoulder in external rotation; in patients in whom this position caused discomfort, the shoulder was placed in neutral rotation. Rigorous aseptic measures were applied. The intraarticular contrast material was injected following the arthrography technique described in detail previously [12], using a marker plate with radiopaque coordinates to select the injection site without the need for fluoroscopic guidance. The adhesive marker plate was placed on an area of skin over the shoulder and a spot radiograph was obtained to determine the injection site (Fig. 2A). When the injection was to the upper or lower third of the humeral head, we took care that the injection site selected was close to the glenohumeral joint. A 22-gauge, 1.5-inch (4-mm) spinal needle was used for injections to the upper third and lower third of the medial part of the humeral head, and a 22-gauge, 3.5-inch (88-mm) spinal needle was used for injections to the glenohumeral space. The needle insertion was performed in an anteroposterior direction, progressively and slowly, until the needle came into contact with the humeral head (for the upper third or lower

third of the medial part of the humeral head) or until a change in resistance was perceived (for the glenohumeral joint). A spot radiograph was then obtained to confirm the localization of the tip of the needle (Fig. 2B). Next, a small test injection of anesthetic was performed [10]. If the needle is in the articular space, there will be little resistance to the injection; a small quantity of iodinated contrast material must be injected to verify intraarticular needle placement (Fig. 2C). Between 0.5 and 4 mL of gadopentetate dimeglumine (Magnevist, Bayer HealthCare [formerly Schering]) was diluted in 100 mL of sterile saline. The solution was slowly injected until the joint capsule was appropriately distended. After the needle was removed, a dressing was placed over the injection site.

#### Data Collection

We recorded whether the shoulder was in external rotation or in neutral rotation, whether the needle had to be repositioned to inject into the joint, and whether any complications arose within 30 minutes of the procedure being performed.

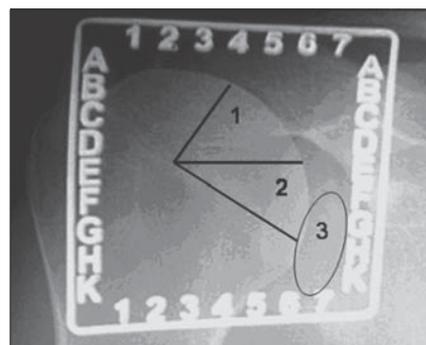
Radiologist times—that is, the time elapsing from positioning of the adhesive marker plate on the shoulder to withdrawal of the needle—were recorded for each procedure by a radiography technician. Exposure time was recorded by a radiophysicist. Both technician and radiophysicist were blinded to the arthrographic approach and were unaware of the injection site used during the procedure.

Pain intensity was registered using a Visual Analogue Scale (VAS) of 0–10, in which 0 meant no pain and 10, the worst possible pain. We also used a verbal scale for pain from 0 (no pain) to 5 (worst possible pain). In every case, MRI was evaluated for extraarticular contrast material and for any possible distortion of the anatomic intraarticular structures resulting from the injection (i.e., injection into the biceps tendon).

#### Statistical Analysis

For statistical analysis of the data, the SPSS software package, version 14.0 (SPSS for Windows, 2006) was used. A descriptive statistical analysis of each variable was made, giving the frequency of distribution. For quantitative variables, the usual parameters were also calculated: mean; SD; and standard errors of the mean, maximum, and minimum. The relationship between qualitative variables was obtained using Pearson's chi-square test, and the quantitative variables were analyzed using Pearson's lineal correlation coefficient.

Analysis of variance was used to compare groups, complemented by comparing mean pairs using the least significant difference. Differences were considered statistically significant at  $p < 0.05$ .



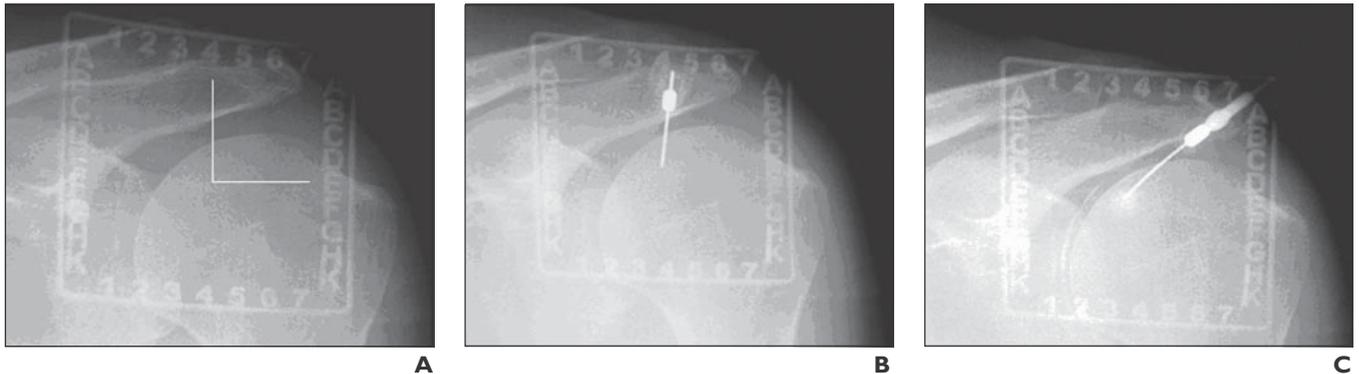
**Fig. 1**—34-year-old man with glenohumeral instability. Image shows radiopaque coordinates and configuration of three injection sites: upper third of humeral head (1), lower third of humeral head (2), and area between middle and lower thirds of glenohumeral joint (3).

#### Results

All arthrography examinations were performed successfully in all patients, regardless of injection site, and no immediate complications were observed. MR images were found to be of high quality in all patients. The procedure involved 50 cases (64.1%) with the shoulder in external rotation and 28 cases (35.9%) with the shoulder in the neutral position. In two patients (2.5%) in whom the injection had been given in the glenohumeral space, repositioning of the needle was necessary because the contrast material had been injected into extracapsular soft tissue.

The mean volume of contrast material injected was  $14.9 \pm 6.2$  (SD) mL (range, 9–20 mL). Mean exposure time was  $20.9 \pm 7.8$  milliseconds (range, 11.2–29 milliseconds) and mean radiologist time was  $6.4 \pm 0.8$  minutes (range, 5–8 minutes). Mean pain intensity registered by the VAS was  $1.7 \pm 0.9$  (range, 0–3), and the mean pain registered on a verbal scale was as follows: 10 patients (12.8%) gave a score of 0 (no pain); 40 (51.3%), a score of 1 (slight pain); and 28 (35.9%), a score of 2 (discomfort). A significant degree of correlation was seen between the verbal scale and the VAS ( $r = 0.858$ ,  $p < 0.0005$ ). When the VAS was used to evaluate the pain of the 39 arthrographic examinations performed by the resident in training, the mean was  $1.6 \pm 0.9$  (range, 0–3), and the mean for the corresponding score for the examinations performed by the experienced radiologist was  $1.7 \pm 0.9$  (range, 0–3). No differences were observed in arthrographic technique times between the experienced radiologist and the resident.

## MR Arthrography of the Shoulder



**Fig. 2**—48-year-old man with chronic shoulder pain.

**A**, In upper third of humeral head, radiograph shows injection site corresponding to coordinates 4 and E.

**B**, Radiograph shows needle point.

**C**, Arthrogram confirms intraarticular distribution of contrast material.

An association was seen between the injections in the lower third of the humeral head and those performed in the glenohumeral space: Both showed higher pain intensities on the verbal and VAS scales than the injections in the upper third of the humeral head. Significant correlations were recorded between VAS and exposure time ( $r = 0.387, p < 0.001$ ), VAS and radiologist time ( $r = 0.383, p < 0.001$ ), and exposure time and radiologist time ( $r = 0.724, p < 0.0005$ ).

Table 1 shows several parameters related to the injection sites. Statistically significant differences ( $p < 0.005$ ) were observed between radiologist time and pain felt during arthrography and between the injection sites (the upper third vs the other two sites). Lower values were associated with the upper third site. With respect to total exposure time, statistically significant differences ( $p < 0.005$ ) were observed between the upper third and lower third injection sites, and between the lower third injection site and the glenohumeral space site.

### Discussion

MR arthrography of the shoulder and subsequent MRI are commonly used for evaluating structures such as the labrum and glenohumeral ligaments, especially in cases of an unstable shoulder [14–17]. The anterior approach is favored by most radiologists [2, 6, 10–12]. Some authors [8, 9, 13] recommend a posterior approach to avoid damage to the stabilizing structures of the shoulder, including the glenohumeral ligaments and the capsulolabral complex, and to avoid misleading diagnoses.

Many of these structures are concentrated around the anteroinferior aspect of the articulation, the inferior glenohumeral ligament complex, and the anterior labrum. When the Schneider technique is used, the needle traverses the subscapularis muscle or tendon and can traverse the inferior glenohumeral ligament and anteroinferior labrum and penetrate the subcoracoid bursa; there is a risk of causing distortion of these structures and creating confusing findings on MR arthrography [8]. Moreover, when the inferomedial third of the humeral head is the site chosen for injection, the needle traverses the subscapularis tendon and avoids the inferior glenohumeral ligament and the anteroinferior labrum. Regarding

the injection site corresponding to the superomedial third of the humeral head, the injection is performed in the rotator cuff interval, a triangular space located between the supraspinatus and subscapularis tendons [11]; the needle can traverse the coracohumeral ligament but accessing the superior glenohumeral ligament is difficult. Another structure traversing this space is the long head of the biceps tendon, which during the procedure can be cleared laterally by external rotation of the arm. Furthermore, when the rotator cuff interval is used, perforation of the anterosuperior labrum, anteroinferior labrum, and inferior glenohumeral ligament is avoided. Thus, when injections are performed over the

**TABLE 1: Relation of Several Parameters to the Three Injection Sites**

Parameter	Injection Site		
	Upper Third	Lower Third	Glenohumeral Space
Radiologist time (min)			
Mean (SD)	5.3(0.4)	6.8(0.4)	6.9(0.3)
Range	5–6	6–8	6–8
Exposure time (ms)			
Mean (SD)	12.9 (3.9)	23.3 (4.9)	26.3 (6.7)
Range	11.2–14.5	21.3–25.3	23.6–29.0
Contrast volume injected (mL)			
Mean (SD)	14.2 (4.7)	14.5 (6.2)	15.2 (5.6)
Range	10–18	9–20	10–20
Visual Analogue Scale			
Mean (SD)	1.1(0.9)	1.9(0.7)	2.1(0.8)
Range	0–15	1.6–2.2	1.7–3.0

humeral head in either the inferomedial or the superomedial space, the stabilizing structures of the shoulder can be avoided.

We agree with other reports [11, 12] that the anterior approach is safe and nontraumatic, especially when the injection involves the upper third of the humeral head. In addition, by performing the injection in the rotator cuff interval, the subcoracoid bursa, which can be penetrated when the conventional technique is used, can be avoided.

In our study, we used short spinal needles for both the upper and lower third sites because these are easier to use than the long spinal needles necessary for the glenohumeral space; we thus avoided possible movement of the needle when inserted into soft tissue. The use of longer needles for the upper and lower thirds of the humeral head is recommended only in the case of obese patients or those with voluminous soft tissue on the shoulder. We used an adhesive marker plate with radiopaque coordinates to select the different injection points for performing shoulder arthrography without the need for fluoroscopic guidance. This method protects the radiologist from radiation and minimizes patient exposure, especially when using the upper third of the humeral head for arthrography. We have observed that when the upper third of the humeral head is used, injection of a small quantity of iodinated contrast material is sufficient to rapidly establish that the needle is correctly inserted into the articular space because the material is evenly distributed. When the lower third of the humeral head or the glenohumeral space is used, it is sometimes necessary to inject more contrast material to confirm that the needle is correctly placed; this requires an additional spot radiograph, more time is needed for the procedure, and the patient undergoes greater exposure. Because no significant differences were observed between the experienced radiologist and the resident, we tend to prefer the upper

third of the humeral head as the injection site, with the lower third of the humeral head as the second best. The glenohumeral space is considered the most difficult to use, especially by inexperienced operators.

In the 78 patients in the present study, the MRI findings were evaluated and no diagnostic dilemmas based on the site of injection arose because no qualitative differences were observed. No distortion of the anterosuperior labrum, superior glenohumeral ligament, or coracohumeral ligament was observed in the patients in whom the injection site was in the space corresponding to the rotator cuff interval. In only two cases of injections performed in the glenohumeral articular space was repositioning of the needle necessary to achieve adequate distribution of contrast material in the articular space. In both of these cases, extraarticular contrast material was observed. On the basis of our results, we recommend the use of the superomedial third of the humeral head for the performance of shoulder arthrography.

The results of this study show that for MR arthrography examinations of the shoulder, contrast injection into the upper third of the humeral head is best tolerated by patients. In addition, the time required by the radiologist and patient exposure to radiation are both reduced. Injection in this site is also simpler and more rapid to perform in comparison with the other two sites analyzed in this study.

## References

1. Oberholzer J. Die Arthropneumoradiographie bei Habituellem Schulterluxation. *Röntgen Praxis* 1933; 5:589-590
2. Schneider R, Ghelman B, Kaye JJ. A simplified injection technique for shoulder arthrography. *Radiology* 1975; 114:738-739
3. Resnick D. Shoulder arthrography. *Radiol Clin N Am* 1981; 19:243-253
4. Neviasser TJ. Arthrography of the shoulder. *Orthop Clin N Am* 1980; 11:205-217
5. DeMouy EH, Menendez CV Jr, Bodin CJ. Palpation-directed (nonfluoroscopically guided) saline-enhanced MR arthrography of the shoulder. *AJR* 1997; 169:229-231
6. Valls R, Melloni P. Sonographic guidance of needle position for MR arthrography of the shoulder. *AJR* 1997; 169:845-847
7. Petersilge CA, Lewin JS, Duerk JL, Hatem SF. MR arthrography of the shoulder: rethinking traditional imaging procedures to meet the technical requirements of MRI guidance. *AJR* 1997; 169:1453-1457
8. Chung CB, Dwek JR, Feng S, Resnick D. MR arthrography of the glenohumeral joint: a tailored approach. *AJR* 2001; 177:217-219
9. Farmer KD, Hughes PM. MR arthrography of the shoulder: fluoroscopically guided technique using a posterior approach. *AJR* 2002; 178:433-434
10. Jacobson JA, Lin J, Jamadar D, Hayes CH. Aids to successful shoulder arthrography performed with a fluoroscopically guided anterior approach. *RadioGraphics* 2003; 23:373-379
11. Depelteau H, Bureau N, Cardinal E, Aubin E, Brassard P. Arthrography of the shoulder: a simple fluoroscopically guided approach for targeting the rotator cuff interval. *AJR* 2004; 182:329-332
12. Berná-Serna JD, Redondo MV, Martínez F, et al. A simple technique for shoulder arthrography. *Acta Radiol* 2006; 47:725-729
13. Catalano O, Manfredi R, Vanzulli A, et al. MR arthrography of the glenohumeral joint: modified posterior approach without imaging guidance. *Radiology* 2007; 242:550-554.
14. ElentukD, Pahner WE. Direct MR arthrography. *Eur Radiol* 2004; 14:1956-1967.
15. Jbara M, Chen Q, Marten P, Morcos M, Beltrán J. Shoulder MR arthrography: how, why, when. *Radiol Clin N Am* 2005; 43:683-692.
16. Rafii M, Minkoff J. Advanced arthrography of the shoulder with CT and MRI. *Radiol Clin N Am* 1998; 36:609-633
17. Sanders TG, Tirman PF, Linares R, Feller JF, Richardson R. The glenolabral articular disruption lesion: MR arthrography with arthroscopic correlation. *AJR* 1999; 172:171-175

### **ANEXO 3.**

“Optimización de las dosis de radiación en la artrografía de hombro”.

Reproducido de Radiología 2009. May-Jun; 51(3):282-6.

## ABSTRACT

El objetivo de este estudio fue reducir la dosis de radiación recibida por los pacientes sometidos a artrografía de hombro, y en los que se utiliza como sistema de guiado una placa con coordenadas radiopacas situada sobre el área de interés.

La dosis a la entrada se obtuvo en 34 pacientes con edades comprendidas entre 15 y 75 años, media de 44 años. La dosis a órganos de riesgo y la dosis efectiva se estimó mediante técnicas de Monte Carlo donde los parámetros de entrada son: anatomía del paciente, geometría de la exploración y kerma en aire a la entrada del paciente sin retrodispersión. Las artrografías se realizaron en un equipo telemando y las imágenes se obtuvieron mediante adquisición digital sin fluoroscopia.

El espesor medio de los hombros estudiados fue  $14,6 \pm 2,1$  cm (9-20 cm). Las imágenes se obtuvieron con  $79,5 \pm 10,1$  kVp (60-85 kVp) y  $6,5 \pm 3,5$  mAs (1,4-17 mAs). El tiempo medio de irradiación para cada paciente fue  $19,6 \pm 9,0$  ms (6,9-47,9 ms). El kerma en aire calculado fue de  $0,41 \pm 0,19$  mGy y la dosis efectiva de  $0,79 \pm 0,40$   $\mu$ Sv.

La técnica descrita en este trabajo ha permitido reducir la dosis de radiación al paciente respecto a otros procedimientos descritos en la literatura y que el radiólogo que realiza la artrografía no se irradie durante el procedimiento.

ORIGINAL

## Optimización de las dosis de radiación en la artrografía de hombro

P.A. Campos<sup>a,\*</sup>, M.V. Redondo<sup>b</sup>, J.D. Berná-Serna<sup>b</sup>, M. Reus<sup>b</sup> y F. Martínez<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Protección Radiológica, Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca, Murcia, España

<sup>b</sup>Servicio de Radiología, Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca, Murcia, España

<sup>c</sup>Servicio de Traumatología, Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca, Murcia, España

Recibido el 26 de mayo de 2008; aceptado el 23 de noviembre de 2008

Disponible en Internet el 1 de mayo de 2009

### PALABRAS CLAVE

Artrografía;  
Hombro;  
Radiometría;  
Optimización;  
Protección radiológica

### Resumen

**Objetivo:** El objetivo de este estudio fue reducir la dosis de radiación recibida por los pacientes sometidos a una artrografía de hombro y en los que se utiliza como sistema de guiado una placa con coordenadas radiopacas situada sobre el área de interés.

**Material y métodos:** La dosis a la entrada se obtuvo en 34 pacientes con edades comprendidas entre 15 y 75 años, media de 44 años. La dosis a órganos de riesgo y la dosis efectiva se estimaron mediante técnicas de Monte Carlo, donde los parámetros de entrada son: anatomía del paciente, geometría de la exploración y kerma en aire a la entrada del paciente sin retrodispersión. Las artrografías se realizaron en un equipo telemando y las imágenes se obtuvieron mediante adquisición digital sin fluoroscopia.

**Resultados:** El espesor medio de los hombros estudiados fue  $14,6 \pm 2,1$  cm (9–20 cm). Las imágenes se obtuvieron con  $80 \pm 10$  kVp (60–85 kVp) y  $6,5 \pm 3,5$  más (1,4–17 más). El tiempo medio de irradiación para cada paciente fue  $20 \pm 6$  ms (6,9–47,9 ms). El kerma en aire calculado fue de  $0,41 \pm 0,19$  mGy y la dosis efectiva de  $0,79 \pm 0,40$  mSv.

**Conclusiones:** La técnica descrita en este trabajo ha permitido reducir la dosis de radiación al paciente respecto a otros procedimientos descritos en la bibliografía y que el radiólogo que realiza la artrografía no se irradie durante el procedimiento.

© 2008 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### KEYWORDS

Arthrography;  
Shoulder;  
Radiometry;  
Optimization;  
Radiological  
protection

### Optimization of the dose of radiation in shoulder arthrography

#### Abstract

**Objective:** The aim of this study was to determine whether using a film with radiopaque coordinates placed over the region of interest to guide shoulder arthrography can reduce the dose of radiation received by patients.

**Material and methods:** The entrance dose was obtained in 34 patients (mean age, 44 Years; range, 15 to 75 years). The dose received by organs at risk and the effective dose

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: pedroa.campos@carm.es (P.A. Campos).

were estimated with Monte Carlo techniques using the following input parameters: patient anatomy, examination geometry, and air kerma at the entrance to the patient without backscattering. Arthrography was performed with a remote controlled device and images were acquired digitally without fluoroscopy.

Results: The mean thickness of the shoulders studied was  $14.6 \pm 2.1$  cm (9–20 cm). Images were obtained with  $80 \pm 10$  kVp (60–85 kVp) and  $6.5 \pm 3.5$  mAs (1.4–17 mAs). The mean time of irradiation for each patient was  $20 \pm 6$  ms (6.9–47.9 ms). The calculated air kerma was  $0.41 \pm 0.19$  mGy and the effective dose was  $0.79 \pm 0.40$  mSv.

Conclusions: The technique described in this study has enabled us to reduce the dose of radiation received by patients undergoing shoulder arthrography in comparison with other techniques described in the literature and to ensure that the radiologist performing the procedure is not irradiated.

& 2008 SERAM. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

## Introducción

La artrografía de hombro se lleva a cabo habitualmente como la primera parte de un proceso de diagnóstico por imagen que, posteriormente, incluye la realización de una tomografía computarizada (TC) o, más frecuentemente, una resonancia magnética (RM). Este procedimiento se describió por primera vez en 1933 por Oberholzer<sup>1</sup>. La RM artrográfic (RMA) es la técnica de elección para el estudio de la inestabilidad del hombro<sup>2</sup>. Actualmente, la vía de abordaje más frecuente para realizar la punción es la anterior guiada mediante fluoroscopia<sup>3,4</sup>, aunque también se ha descrito la vía de aproximación posterior<sup>5,6</sup>. Otros métodos descritos para practicar la punción son los guiados con técnicas de imagen como TC<sup>7</sup>, RM<sup>8</sup> o ecografía<sup>9–11</sup>, así como mediante palpación de referencias anatómicas<sup>12,13</sup>.

Aunque la fluoroscopia convencional es la modalidad de imagen más utilizada para el control de la punción, presenta dos inconvenientes principales: a) la irradiación del paciente durante el seguimiento de la trayectoria de la aguja y la verificación de la correcta distribución del material de contraste, y b) la exposición del radiólogo que realiza el procedimiento, ya que se encuentra dentro de la sala. En la bibliografía hay pocos trabajos publicados acerca de la irradiación que reciben los pacientes sometidos a una artrografía de hombro con procedimientos radioguiados<sup>4,14</sup>. La optimización de los estudios radiológicos es un fin que debemos perseguir en todo momento y que se encuentra dentro de las recomendaciones de la Comisión Internacional sobre Protección Radiológica (ICRP)<sup>15</sup>.

Recientemente Berná-Serna et al<sup>16</sup> han descrito una técnica sencilla para realizar una artrografía de hombro mediante un abordaje anterior, utilizando como referencia para la punción la imagen de una placa con coordenadas radiopacas situada sobre el área de interés y obtenida sin necesidad de fluoroscopia.

El objetivo del presente estudio fue reducir la dosis recibida por los pacientes utilizando esta nueva técnica de artrografía.

## Material y métodos

Entre octubre de 2006 y febrero de 2007 se estudió la dosis de radiación en 35 exámenes artrográficos de hombro

realizados como primera fase de una RMA. En todos los casos se obtuvo el consentimiento de los pacientes tras ser informados de los aspectos clínicos y metodológicos de la prueba. Asimismo, el estudio se aprobó por el comité científico de nuestro hospital.

El estudio se realizó en 34 pacientes, 12 mujeres y 22 varones, con edades comprendidas entre 15 y 75 años (media: 43,7 años) y un espesor medio de hombro de  $14,6 \pm 2,1$  cm. La indicación clínica fue dolor crónico de hombro en 15 casos e inestabilidad anterior del hombro en 19 pacientes. De los 35 exámenes artrográficos, 10 correspondían al hombro izquierdo, 23 al hombro derecho y 1 bilateral.

El procedimiento usado para la preparación del paciente y para la elección de los sitios de punción se ha descrito

previamente<sup>17</sup>. La localización anatómica del sitio de punción se realizaba con la imagen digital adquirida de una placa cuadrada de plástico flexible provista de un sistema de referencia con marcas radiopacas colocada sobre la superficie del paciente (fig. 1A y B), siguiendo la técnica descrita por Berná-Serna et al<sup>16</sup>.

Tras la inserción de la aguja en la dirección anteroposterior se obtenía una segunda imagen (fig. 1C). Se realizaba un test inyectando un poco de anestésico<sup>3</sup>; cuando la aguja estaba en el espacio articular había poca resistencia a la inyección, y entonces se introducía una pequeña cantidad de contraste yodado para verificar la posición intraarticular (fig. 1D). Se diluían entre 0,5 y 4 ml de gadopentetato de dimeglumina (Magnevist; Schering, Berlín, Germany) en 100 ml de suero fisiológico estéril. Se inyectaban suavemente entre 10 y 20 ml de esta solución hasta obtener una óptima distensión capsular. A continuación se retiraba la aguja y el paciente pasaba a estudio de RM.

En ningún momento del estudio se utilizaba fluoroscopia pulsada o continua. El hecho de no hacer un seguimiento continuo de la inserción de la aguja o de la distribución del contraste permitía que el radiólogo permaneciese fuera de la sala mientras se adquirían las imágenes.

Las imágenes radiográficas se obtuvieron con un equipo fluoroscópico Siregraph CF (Siemens Medical Systems, Erlangen Germany) incluido en el Programa de Garantía de Calidad de nuestro hospital. El tubo de rayos X sobre la mesa permitió utilizar el localizador luminoso del colimador para el centrado inicial del sistema de coordenadas en la imagen. La proyección del campo de luz sobre la superficie

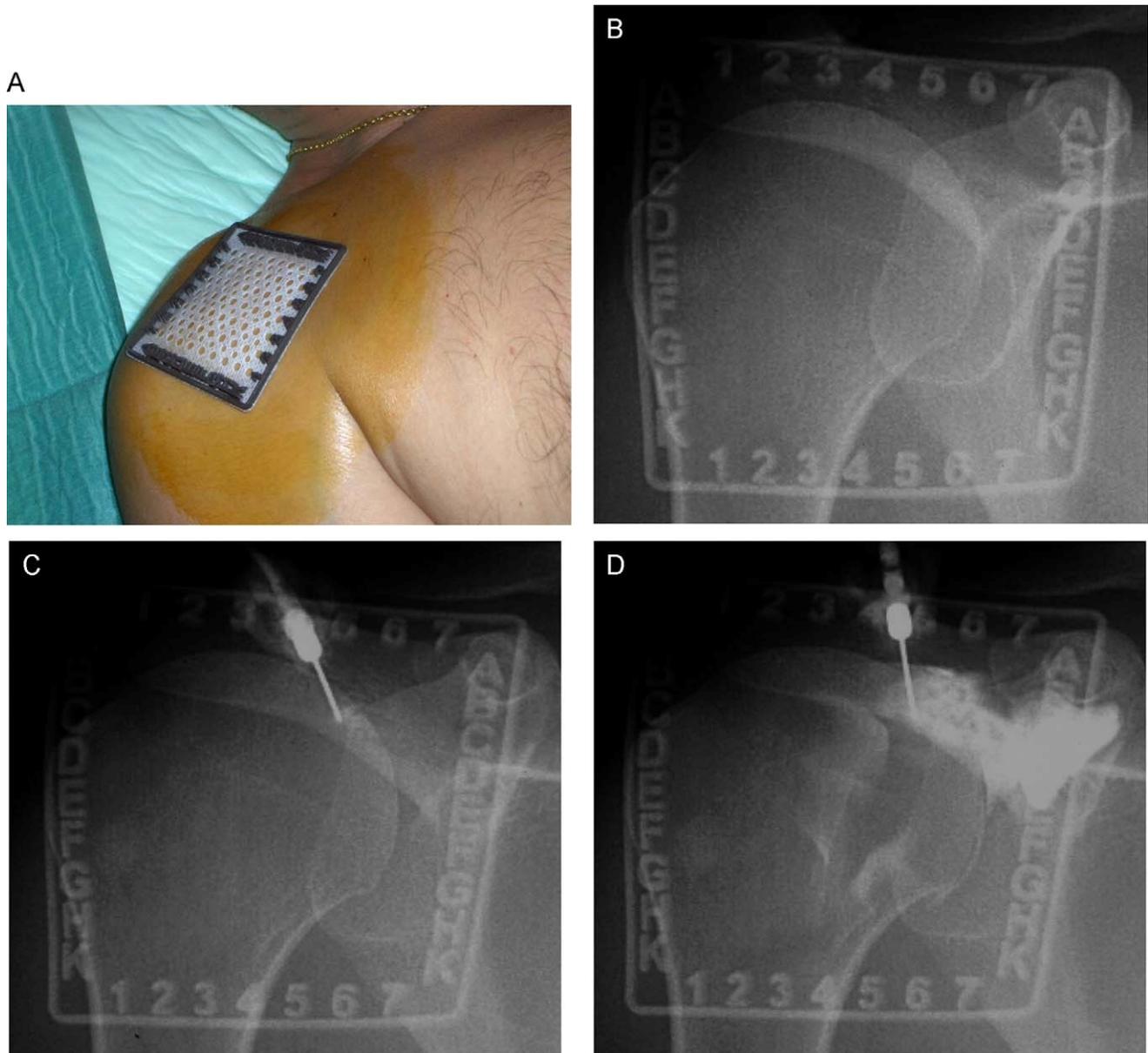


Figura 1 (A) Placa cuadrada de plástico flexible con marcas radiopacas colocada sobre la piel del paciente. (B) Imagen de las marcas radiopacas utilizada para localizar el punto de inserción. (C) Verificación del correcto posicionamiento de la aguja. (D) Imagen que confirma la distribución del contraste en la articulación.

del paciente en la artrografía de hombro es una herramienta útil que ya se ha utilizado en otros estudios para reducir el tiempo de fluoroscopia y la dosis de radiación recibida por el paciente<sup>18</sup>.

### Dosimetría

El kerma en aire en la superficie de entrada del paciente (KASE) es una de las magnitudes dosimétricas más ampliamente utilizadas en radiodiagnóstico. Está relacionada con la dosis absorbida mediante una serie de factores que se pueden considerar próximos a la unidad, por lo que KASE y dosis absorbida se consideran la misma magnitud en el caso de radiodiagnóstico.

El KASE para cada proyección se calculó a partir de los parámetros técnicos y geométricos y del rendimiento del equipo:

$$K_a \text{ (mGy)} = \Gamma \cdot mAs \cdot \left( \frac{DFS}{DFR} \right)^2$$

donde (mGy/mAs) es el rendimiento medido con un conjunto calibrado de cámara de ionización 20X5-3N conectada a un electrómetro 2025 AC (Radcal Corporation), a una distancia de referencia y libre de retrodispersión. La variación de  $\Gamma$  en función de L kVp, que presentaba una tendencia cuadrática ( $R^2 = 0,999$ ) se consideró para el cálculo del KASE.

En todos los pacientes se midió la distancia desde el foco hasta la superficie de entrada del paciente (DFS) así como el tamaño del campo de radiación (S). Los parámetros técnicos tales como la tensión pico (kVp), el tiempo de exposición y la carga del tubo de rayos X (mAs), que se pueden leer en la consola de operación del equipo, fueron registrados para cada exposición.

## Riesgo asociado a la exploración

Como estimadores del riesgo de radiación asociado a la exploración se utilizaron la dosis absorbida en órganos de riesgo (pulmones, tiroides, médula ósea y corazón) y la dosis efectiva. El cálculo de la dosis efectiva requiere el conocimiento de la dosis equivalente en unos determinados órganos marcados por la ICRP<sup>15</sup>. La dosis equivalente en los órganos se calculó mediante simulación por Monte Carlo utilizando la versión libre del software (PCXMC versión 1.5.1).

Software; Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety <http://www.stuk.fi/pcxmc>), que proporciona tanto la dosis a órganos como la dosis efectiva. Este software utiliza como parámetros de entrada: características anatómicas del paciente, geometría de la exploración y el kerma en aire a la entrada del paciente sin retrodispersión. Se simuló un espectro de rayos X comparable al del equipo telemando utilizado y generado a partir de los siguientes parámetros: 80 kVp, 121 de ángulo anódico y filtración de 2.9 mm de aluminio.

## Resultados

Los 35 exámenes artrográficos de este estudio se realizaron satisfactoriamente, es decir, las imágenes de RM obtenidas eran de buena calidad y en ningún caso fue necesario reposicionar la aguja. El promedio de imágenes radiográficas obtenidas por estudio fue de 4 (rango: 3–7 imágenes). Los casos en los que fue necesario obtener más de 4 imágenes por estudio correspondieron a 7 pacientes en los que se necesitó inyectar mayor cantidad de contraste. El volumen medio de contraste inyectado fue de 14 ml.

El valor medio de S y DFS obtenido fue  $99 \pm 22 \text{ cm}^2$  y  $92,4 \pm 2,1 \text{ cm}$ , respectivamente. Asimismo, el valor medio de los parámetros técnicos utilizados en todas las exploraciones fue  $80 \pm 10 \text{ kVp}$ ,  $6,5 \pm 3,5 \text{ mAs}$  y  $20 \pm 6 \text{ ms}$ . La simulación mediante Monte Carlo mostraba que no hay diferencia apreciable en la dosis efectiva del paciente cuando se realiza el estudio sobre el hombro derecho o el hombro izquierdo. Tampoco hay diferencias dosimétricas importantes en la dosis equivalente recibida por los órganos de riesgo: pulmón (0,0046 mSv/mGy), tiroides (0,0027 mSv/mGy) y médula, ósea (0,0048 mSv/mGy).

En el caso del corazón sí se aprecia diferencia entre realizar el estudio sobre el hombro derecho (0,0006 mSv/mGy) y realizarlo sobre el hombro izquierdo (0,0011 mSv/mGy). El factor de conversión de KASE a dosis equivalente es 0,00196 mSv/mGy. El valor medio de las dosis en los órganos de riesgo y las dosis efectivas calculadas en el conjunto de pacientes, así como el valor medio de las dosis en aire sin retrodispersión medidas a partir de los parámetros técnicos de la exposición se muestran en la tabla 1.

## Discusión

En la actualidad, la fluoroscopia convencional sigue siendo la modalidad de imagen estándar para realizar la artrografía de hombro<sup>2</sup>. Aunque también se pueden utilizar imágenes convencionales de TC o fluoroscopia mediante equipos de TC<sup>7</sup> como métodos guía para la inyección glenohumeral del material de contraste, estos procedimientos requieren mayor dosis de radiación que la fluoroscopia convencional. También se utilizan otros métodos para llevar a cabo la artrografía de hombro, como la ecografía<sup>9-11</sup>, la RM<sup>8</sup> y la palpación de referencias anatómicas<sup>12,13</sup>, que evitan la irradiación del paciente.

Sólo hemos encontrado en la bibliografía un estudio publicado por Binkert et al<sup>14</sup>, que cuantifica la dosis de radiación de la fluoroscopia convencional para la artrografía de hombro, comparándola con la de la fluoroscopia mediante equipos de TC y la de TC convencional. En él se concluye que la fluoroscopia convencional utiliza dosis de radiación inferiores a las utilizadas en las modalidades de TC. Aunque la metodología usada en los estudios fue diferente, en la tabla 2 se muestra la correlación entre nuestros resultados y los del estudio de Binkert et al<sup>14</sup>. Las dosis en nuestro estudio son aproximadamente un 50% inferiores a las que se obtuvieron en este trabajo con fluoroscopia. Es necesario indicar que la metodología utilizada por Binkert et al<sup>14</sup> para medir la dosis en la superficie del paciente se basa en medidas realizadas en un maniquí de polimetilmetacrilato, a partir de las que calcula la dosis media absorbida en órganos y la dosis efectiva mientras que nuestras medidas fueron individuales para cada paciente. Además de los resultados obtenidos de la dosis recibida por los pacientes, hay que resaltar que mediante la técnica descrita en este estudio la dosis que recibe el personal involucrado en la realización de la artrografía es nula, por lo que presenta una gran ventaja frente a los estudios que utilizan fluoroscopia. Asimismo, Depelteau et al<sup>4</sup>, que usaron fluoroscopia intermitente para realizar artrografía de hombro, muestran que un radiólogo con experiencia precisó 15,7 s de fluoroscopia para realizar

Tabla 1 Dosis de radiación: kerma en aire en la superficie de entrada (KASE), dosis efectiva (E) y dosis en órganos de riesgo

	KASE (mGy)	E (mSv)	Dosis en órganos (mGy)			
			Pulmón	Tiroides	Médula ósea	Corazón
Media	0,409	0,0008	0,0019	0,0010	0,0019	0,0003
Máximo	0,852	0,0018	0,0044	0,0023	0,0043	0,0006
Mínimo	0,098	0,0002	0,0005	0,0002	0,0006	0,0001

Tabla 2 Comparación de Los resultados obtenidos en este estudio con los obtenidos por Binkert et al<sup>14</sup>, considerando dosis absorbida por órganos de riesgo y dosis efectiva de fluoroscopia convencional

	Estudio actual (A)	Binkert et al <sup>14</sup> (B)	D (%)
Pulmón (mGy)	0,0019	0,003	37
Tiroides (mGy)	0,0010	0,007	86
Médula ósea (mGy)	0,0019	0,009	79
Dosis efectiva (mSv)	0,0008	0,0015	47

$$\Delta(\%) = 100 \cdot \frac{(A - B)}{(A + B)/2}$$

una artrografía de hombro, frente a los 20 ms necesarios cuando se utiliza adquisición digital mediante el procedimiento descrito en este estudio. Aunque se puede suponer que esta diferencia en el tiempo de exposición implica una reducción de la dosis al paciente no podemos cuantificarlo, ya que el estudio de Depelteau et al<sup>4</sup> no indica valores de dosis al paciente ni al radiólogo.

Las pocas referencias bibliográficas encontradas acerca de la dosis a pacientes en la artrografía de hombro no permiten utilizar los valores obtenidos en este estudio como valores de referencia, pero pueden ser un punto de partida para futuros estudios.

Finalmente, hay que destacar que la sencillez de esta técnica permite que se pueda utilizar como técnica de aprendizaje para la realización de artrografías de hombro. Además, al sustituir la fluoroscopia convencional por la captura digital de imágenes, se reduce la dosis de radiación al paciente y se elimina la irradiación de radiólogo.

## Autorías

PAC, MVR, JDBS y FM han participado en la concepción y diseño del estudio, en la obtención de los datos, en su análisis e interpretación.

MR ha intervenido en la redacción del trabajo o en su revisión crítica, haciendo aportaciones intelectuales relevantes.

Todos los autores han dado la aprobación final del manuscrito.

## Declaración de conflicto de intereses

Todos los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Oberholzer J. Die Arthropneumoradiographie bei habitueller Schulterluxation. *Röntgenpraxis*. 1933;5:589-90.
- Cerezal L, García-Valtúll R, Canga A, Rolón A, Abascal F. Técnica e indicaciones de la resonancia magnética artrografía. Extremidad superior (I). *Radiología*. 2006;48:341-56.
- Jacobson JA, Lin J, Jamadar DA, Hayes CW. Aids to successful shoulder arthrography performed with a fluoroscopically guided anterior approach. *RadioGraphics*. 2003;23:373-9.
- Depelteau H, Bureau NJ, Cardinal E, Aubin B, Brassard P. Arthrography of the shoulder: a simple fluoroscopically guided approach for targeting the rotator cuff interval. *AJR Am J Roentgenol*. 2004;182:329-32.
- Farmer KD, Hughes PM. MR arthrography of the shoulder fluoroscopically guided technique using a posterior approach. *AJR Am J Roentgenol*. 2002;178:433-4.
- Chung CB, Dwek JR, Feng S, Resnick D. MR arthrography of the glenohumeral joint: A tailored approach. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;177:217-9.
- Mulligan ME. CT-guided shoulder arthrography at the rotator cuff interval. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;191:W58-61.
- Petersilge CA, Lewin JS, Duerk JL, Hatem SF. MR arthrography of the shoulder: rethinking traditional imaging procedures to meet the technical requirements of MR imaging guidance. *AJR Am J Roentgenol*. 1997;169:1453-7.
- Valls R, Melloni P. Sonographic guidance of needle position for MR arthrography of the shoulder. *AJR Am J Roentgenol*. 1997;169:845-7.
- Fernández GC, Berástegui-Imaz M, Pérez-Arroyue Los I, Prada González R, Velasco Casares M, Tardáguila FM. RM-artrografía de hombro. Descripción y valoración de la técnica guiada por ecografía y utilizando una aguja espinal infantil. *Radiología*. 2008;50:297-302.
- Koivikko MP, Mustonen AO. Shoulder magnetic resonance arthrography: a prospective randomized study of anterior and posterior ultrasonography-guided contrast injections. *Acta Radiol*. 2008;49:912-7.
- Catalano OA, Manfredi R, Vanzulli A, Tomei E, Napolitano M, Espósito A, et al. MR arthrography of the glenohumeral joint modified posterior approach without imaging guidance. *Radiology*. 2007;242:550-4.
- DeMouy EH, Menéndez CV, Bodin CJ. Palpation-directed (non-fluoroscopically guided) saline-enhanced MR arthrography of the shoulder. *AJR Am J Roentgenol*. 1997;169:229-31.
- Binkert CA, Verdun FR, Zanetti M, Pfirrmann CW, Hodler J. CT arthrography of the glenohumeral joint: CT fluoroscopy versus conventional CT and fluoroscopy-comparison of image-guidance techniques. *Radiology*. 2003;229:153-8.
- ICRP (International Commission on Radiological Protection). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Annals of the ICRP*. Vol 21, issues 1-3. Oxford Pergamon; 1991.
- Berná-Serna JD, Redondo MV, Martínez F, Reus M, Alonso J, Parrilla A, et al. A simple technique for shoulder arthrography. *Acta Radiol*. 2006;47:725-9.
- Redondo MV, Berná-Serna JD, Campos PA, Reus M, Martínez F, Campos M, et al. MR arthrography of the shoulder using an anterior approach: optimal injection site. *AJR Am J Roentgenol*. 2008;191:1397-400.
- Hayt DB. Use of Light localizer in fluoroscopically guided percutaneous procedures. *AJR Am J Roentgenol*. 1987;149:623-4.



