

UTILIDAD DE LA RM EN EL DIAGNOSTICO DEL DESARROLLO DE REACCIONES ADVERSAS A PARTICULAS METALICAS EN PACIENTES PORTADORES DE PROTESIS DE CADERA. RECOMENDACIONES ACTUALES PARA EL SEGUIMIENTO DE PACIENTES "DE RIESGO"

Tipo: Presentación Electrónica Científica

Autores: Gracia Valderas Martínez, Javier Milián García, José María Vila De Miguel, Jordi Catala Forteza, Caterina Montull Ferrer, Sonia Ruiz Macarrilla

Objetivos

- Valorar los hallazgos por RM en las reacciones adversas a partículas metálicas (ARMD) en portadores de prótesis de cadera, una entidad que engloba los términos metalosis, pseudotumor o vasculitis linfocítica aséptica(ALVAL).

-Revisar las recomendaciones actuales establecidas por la Sociedad Española de Cirugía de Cadera(SECCA) para el seguimiento radiológico de pacientes postquirúrgicos "de riesgo", que evalúan tanto factores del paciente (mujeres, sobrepeso, prótesis bilaterales) como características del implante (prótesis de superficie, prótesis convencional con cabeza >36mm).

La artroplastia total de cadera se ha convertido en el tratamiento de elección ante la presencia de un dolor persistente e incapacitante que condicione una disminución significativa de las actividades de la vida diaria o en pacientes con importante deformidad y limitación de la movilidad.

Todas las prótesis están sometidas al desgaste, por lo tanto al cabo del tiempo(10-20 años) dejarán de funcionar con normalidad y se requerirá una nueva cirugía para recambiar las partes gastadas.

Hay diferentes tipos de par de fricción según el material constituyente:

- Metal-Polietileno
- Cerámica-Polietileno
- Cerámica-Cerámica
- Metal-Metal

PRÓTESIS CON PAR DE FRICCIÓN METAL-METAL

En los últimos años ha habido un renacimiento de la tribología metal-metal, ya que en comparación con otro tipo de prótesis ampliamente utilizadas (metal-polietileno), ofrecen las siguientes ventajas

- un potencial menor desgaste, prolongando así la vida media del implante
- menor riesgo de fractura y luxación al utilizar componentes más grandes

- menor incidencia de osteolisis (al evitar la liberación de partículas de polietileno), principal causa del aflojamiento a largo plazo de las prótesis.
- una capacidad mejorada para resistir actividades de alto impacto.

Entre los dispositivos con par de fricción metal-metal podemos diferenciar

-Prótesis convencionales o estándar: el vástago se implanta en la cavidad medular del fémur, previa resección de la cabeza y parte del cuello. Se une a la cabeza femoral mediante un componente llamado cono. La mayoría de sistemas disponibles actualmente son modulares, es decir, los componentes viene por separado y se ensamblan en el momento de la implantación. La modularidad entre la cabeza femoral y el cono del vástago femoral tiene diversos beneficios, que incluyen, entre otros, la posibilidad de hacer ajustes de lateralización de la cadera y longitud de la extremidad, cambiar únicamente la cabeza femoral cuando es necesario y disminuir el inventario de implantes en los hospitales.([Fig. 1](#))

Prótesis de superficie (“resurfacing”): únicamente se recambia la superficie del acetábulo y la superficie de la cabeza femoral. El tamaño de la cabeza es mayor que en las prótesis convencionales. Las prótesis de superficie son del tipo *monobloque* y están indicadas en pacientes jóvenes (menores de 60 años), con buena calidad ósea, preferentemente varones, con alta actividad física.([Fig. 2](#))

Aunque la mayoría de pacientes implantados con una prótesis metal-metal no presentan molestias ni desarrollan problemas graves, existe evidencia de que, en algunas ocasiones, el par metal-metal (aleación cromo-cobalto) genera reacciones adversas, debido a la liberación de partículas provenientes del rozamiento de las superficies articuladas de la prótesis. Estas partículas de desgaste no sólo proceden de la interlínea articular afectando a la cabeza y al componente acetabular (que son las dos superficies que están en constante movimiento y fricción), si no también de la unión modular cabeza-cuello de las prótesis con el vástago.

Las partículas liberadas pueden causar reacciones locales en los tejidos circundantes a la prótesis, llamadas ARMD (siglas en inglés de *Adverse reaction to metal debris*), una entidad que engloba los términos metalosis, pseudotumor o vasculitis linfocítica aséptica (ALVAL), cuya traducción histológica es la de un infiltrado perivascular de linfocitos T y B y células plasmáticas, acumulación de macrófagos con partículas metálicas e infiltración eosinófila que ocasiona necrosis.

Estas lesiones pueden presentarse meses o años después de la cirugía. El daño tisular puede comportar dolor, desgaste del implante y necesidad de cirugía de revisión.

Síntomas que hagan sospechar ARMD son: dolor inguinal, parálisis nerviosa, masa palpable, cojera, edema local, (sub)luxación.

Las causas concretas de las reacciones adversas a partículas metálicas no se conocen todavía, si bien en su fisiopatogenia se postula los siguientes mecanismos:

1.Las partículas liberadas en la articulación provocarían una reacción a cuerpo extraño, que dependiendo de la afectación del tejido periprotésico condicionaría

- Infiltración sinovial por células inflamatorias: hipertrofia sinovial, derrame articular
- Engrosamiento capsular
- Macrófagos incapaces de digerir partículas: liberación de citoquinas inflamatorias, necrosis tejidos, osteolisis
- Extensión a grupos musculares adyacentes: edema muscular, atrofia, avulsión (en fases tardías)
- Adenopatías regionales

2.Las partículas liberadas sistémicamente:

- Intoxicación por metales. Síntomas sistémicos pueden ser: rash cutáneo, cardiomiopatía, alteraciones neurosensoriales, alteraciones psicológicas(incluyendo depresión), fallo renal, disfunción tiroidea.

La decisión de revisión quirúrgica de pacientes con prótesis metal-metal depende el escenario clínico y de los resultados de las pruebas de imagen y de laboratorio.

Sin embargo, hay que tener en cuenta tanto los riesgos quirúrgicos de esa revisión como los resultados, que incluyen

- las revisiones son procesos complicados que no siempre mejoran el dolor o la movilidad.
- en caso de ADVR, el pronóstico de las revisiones de prótesis metal-metal es peor que de otros pares de fricción.

A partir del año 2010, a raíz de la retirada del mercado mundial de las prótesis de superficie Durom (Zimmer®) y ASR (Depuy Johnson&Johnson®), así como de las cabezas de gran diámetro XL (Depuy Johnson&Johnson®), por presentar un aumento de ARMD y de número de revisiones protésicas, el uso del par de fricción metal-metal en la cadera empezó a ser un tema de controversia en la literatura científica y a aflorar indefectiblemente en los diversos medios de comunicación social, produciendo un cierto grado de alarma en los pacientes y de malestar en los cirujanos ortopédicos.

La alerta de 2010 condujo a las Agencias reguladoras y a diferentes sociedades científicas y profesionales a emitir una serie de recomendaciones acerca de los pacientes portadores de las prótesis afectadas.

Es en la monitorización de estos pacientes "de riesgo" donde el radiólogo desempeña un papel fundamental con la RM como método de screening, por lo que debería ser conocedor de algoritmo diagnóstico para la detección precoz de ARMD según las recomendaciones de la Sociedad Española de Cirugía de Cadera (SECCA). Para ello el radiólogo ha de conocer el tipo de prótesis implantada.

Aunque en principio las recomendaciones afectan a todas las prótesis con par de fricción metal-metal, *son las de superficie (especialmente marca ASR™ (Depuy Johnson&Johnson®)) y las convencionales con diámetro de cabeza superior a 36mm* las que son sometidas a especial control y vigilancia(ver Tabla 1).

Además recomiendan una "atención especial" a los pacientes que presenten **factores** considerados **de riesgo**:

- el sexo femenino
- implantes bilaterales
- la insuficiencia renal
- la inmunodepresión
- el sobrepeso
- tamaño del componente acetabular < 48 mm
- una alta actividad física
- un inadecuado posicionamiento de los componentes (ej. pinzamiento de bordes). La técnica quirúrgica deberá ser muy exacta, especialmente en el adecuado posicionamiento de la copa. La anteversión o apertura lateral excesivas pueden producir pinzamiento de bordes y causar desgaste metálico aumentado. Una adecuada posición de los componentes sería un ángulo de inclinación acetabular aprox. 40° y el componente femoral en ligero valgo, con cuello de 10-15° de anteversión. Los sistemas de navegación ayudan a reducir los errores de posición y las complicaciones derivadas de estos. ([Fig. 3](#))

En el algoritmo de seguimiento de esos pacientes "de riesgo" se incluyen analíticas de control, puesto que se ha confirmado la elevación de las concentraciones séricas de iones pesados (cromo, cobalto) en pacientes portadores de prótesis metal-metal, tanto convencionales como de superficie. Existen

evidencias de la relación entre las concentraciones séricas y la tasa de desgaste de la superficie articular, relacionando por tanto una elevación de los niveles séricos de cromo y cobalto con un posible riesgo de complicaciones en la prótesis.

Valores con cobalto sérico por encima de 7 ppb (7mcg/l de Co) en implantes unilaterales son indicativos de deterioro protésico y daño tisular potencial.

La cifra de concentración de Cromo en suero que se acepta en casos en los que no existe desgaste, es de $\leq 5 \mu\text{L}$, por tanto puede considerarse como valor normal de referencia en pacientes operados sólo de un lado.

No existen trabajos sobre los niveles de iones metálicos que comparen pacientes unilaterales y bilaterales. En series cortas de pacientes bilaterales, en general y comparado con los casos unilaterales de cada estudio, se observa un aumento de casi un tercio para la cifra media de cobalto y del 50% para la de cromo.

Imágenes en esta sección:

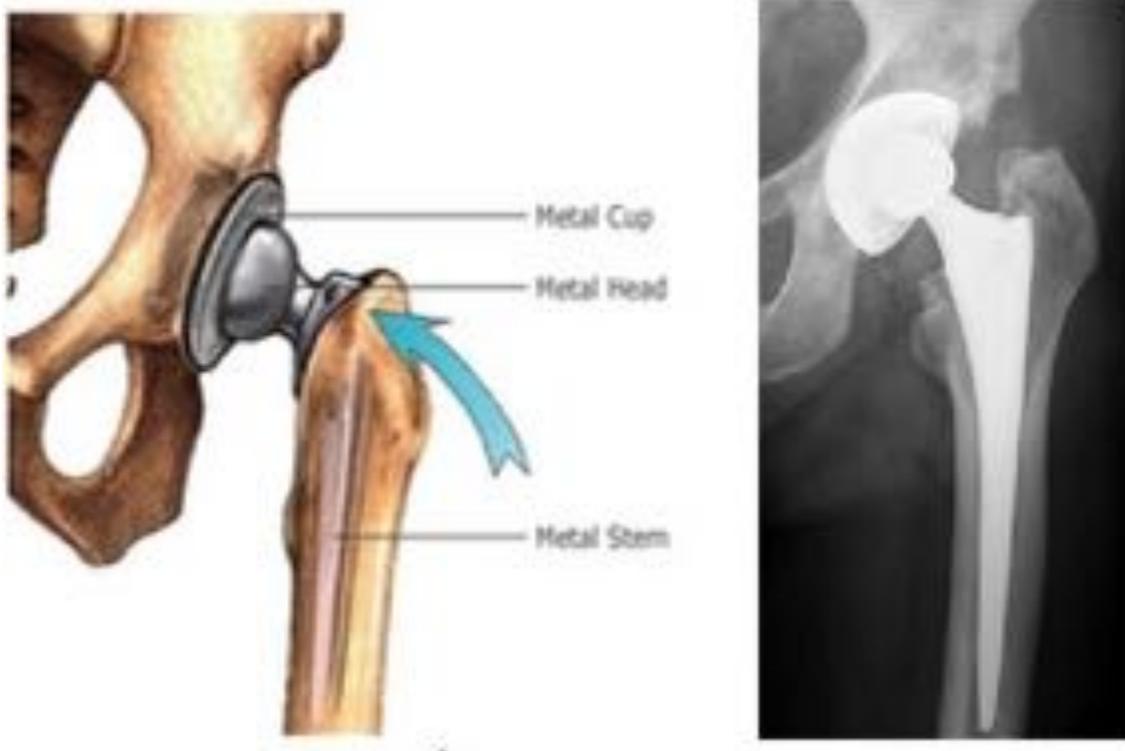


Fig. 1: Prótesis convencional de cadera

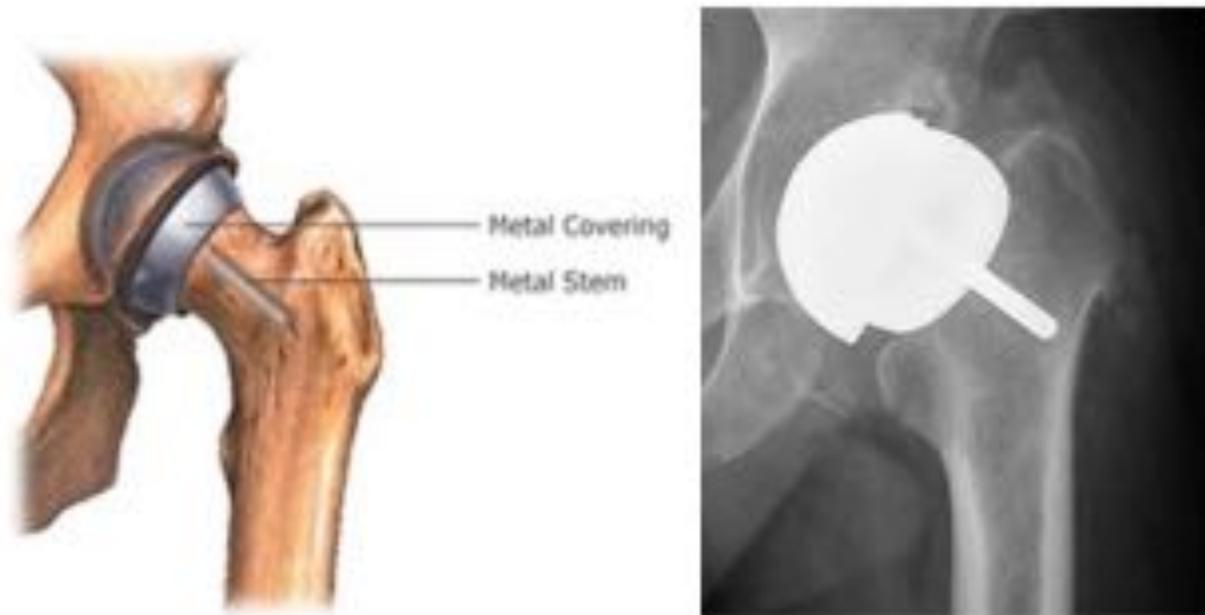


Fig. 2: Prótesis de superficie (“resurfacing”)

	Prótesis de superficie metal-metal, excepto ASR (Depuy)		Prótesis de superficie metal-metal, marca ASR (Depuy) (todos los modelos)		Prótesis total de cadera metal-metal con cabezas < 36 mm de diámetro		Prótesis total de cadera metal-metal con cabezas >= 36 mm de diámetro	
	Paciente Asintomático	Paciente Sintomático	Paciente Asintomático	Paciente Sintomático	Paciente Asintomático	Paciente Sintomático	Paciente Asintomático	Paciente Sintomático
Cronología de visitas de seguimiento	De acuerdo con los protocolos locales, Anual en mujeres o	Anual durante 5 años, al menos.	Anual durante la vida del implante	Anual durante la vida del implante	De acuerdo con los protocolos locales, Anual en mujeres	Anual durante 5 años, al menos.	Anual durante la vida del implante	Anual durante la vida del implante
RM, ecografía o TC	No hace falta	Recomendado en todos los casos	Recomendado en todos los casos	Recomendado en todos los casos	No hace falta	Recomendado en todos los casos	Recomendado si los iones metálicos aumentan	Recomendado en todos los casos
Análisis incluyendo iones Co-Cr	No hace falta pero existe debate al respecto Recomendado	Recomendado en todos los casos	Recomendado en todos los casos	Recomendado en todos los casos	No hace falta pero existe debate al respecto Recomendado	Recomendado en todos los casos	Recomendado en todos los casos	Recomendado en todos los casos

Fig. 3: Tabla 1: Recomendaciones de seguimiento para pacientes portadores de prótesis con par de fricción metal-metal.

Material y métodos

Se revisan 10 casos de ARMD de cadera recogidos durante los años 2011-2016 en el Hospital Moisés Broggi. Se incluyen tanto portadores de prótesis de superficie, como artroplastias convencionales con par de fricción metal-metal.

Los estudios de RM se realizaron en un equipo de 1.5 Tesla (Philips), con el protocolo habitual para estudio de cadera post-artroplastia, que consiste en imágenes spin eco potenciadas en T1, T2 y STIR en planos transversal y coronal.

La RM sigue siendo la herramienta de primera elección, aunque en los últimos años han surgido estudios para valorar la rentabilidad diagnóstica de otras técnicas de imagen para la detección de ARMD.

La accesibilidad y bajo coste de la **ecografía** la convierten en una modalidad diagnóstica atractiva. Ha demostrado tener un elevado grado de sensibilidad en la detección de derrame y colecciones periarticulares en prótesis de cadera metal-metal. Sin embargo, su capacidad para medir el espesor sinovial es limitada. Tampoco ha habido estudios de correlación entre el tamaño y las características de las lesiones identificadas en los ultrasonidos y la gravedad de la destrucción de tejido blando observado histológicamente. (Garbuz DS et al.)

Entre las ventajas del barrido por **tomografía computarizada** en la detección de ARMD adversas de tejido se incluye su amplia disponibilidad y no ser operador dependiente. Las compañías han desarrollado protocolos de reducción de artefactos así como software para reducir el endurecimiento del haz. El barrido de CT aporta información adicional sobre el posicionamiento de los componentes. *Inconvenientes de la CT* son, sin embargo, una mayor carga de radiación sobre el paciente, sobre todo cuando se emplean protocolos para reducir el artefacto metálico, y su limitada capacidad de aportar detalles de las partes blandas. (Nam et al)

Las ventajas que esgrime la **resonancia magnética** incluyen los detalles que aporta sobre tejidos blandos, además de la capacidad de detectar no sólo la presencia, sino también la gravedad de una reacción adversa local del tejido. (Nawabi DH, Hayter CL). La RM prequirúrgica reviste particular importancia para que los cirujanos visualicen la ubicación y dimensiones de las lesiones y procedan a su resección óptima (Liddle et al. 2013)

Hay que tener en cuenta que los implantes ferromagnéticos y paramagnéticos causan artefactos más severos que los de cerámica o polietileno. La magnitud de los artefactos dependen también de la forma y composición del implante. La superficie curva del componente acetabular causa mayor inhomogeneidad del campo y artefactos que una superficie lineal del componente femoral.

Secuencias específicas de reducción de artefactos metálicos como la MAVRIC (acrónimo de combinación de imagen de resonancia variable de adquisición múltiple, GE Healthcare, Waukesha, Wis), y la SEMAC (lámina codificadora de corrección de artefactos metálicos; Siemens Healthcare, Erlangen, Germany) han incrementado la capacidad para identificar y caracterizar esas lesiones de tejidos blandos.

Los hallazgos que debemos buscar en la RM con sospecha de ARMD incluyen:

- Derrame articular debido a sinovitis reactiva (puede ocurrir antes que los síntomas)
- Engrosamiento capsular (difícil valoración por la degradación de señal-artroplastia)
- Lesiones quísticas, sólidas o mixtas periprotésicas. Tanto las lesiones líquidas (hipo T1, hiper T2), como las que tienen componente sólido (iso T1, isoT2) presentan una cápsula hipointensa en todas las secuencias, en relación con susceptibilidad a las partículas metálicas. Se produce un realce periférico tras la administración de contraste. Si las lesiones se extienden póstero-lateralmente presentan continuidad con la bursa trocántérea.
Las lesiones posteriores son típicamente de naturaleza quística, las anteriores son más propensas a tener componentes sólidos, y pueden afectar a la bursa del iliopsoas.
- Si la extensión es intramuscular, los hallazgos por RM son, de menor a mayor severidad, edema-atrofia-avulsión tendinosa.
- Las adenopatías regionales pueden afectarse, presentándose en RM como artefactos de susceptibilidad con vacío de señal.

Resultados

Se observan ARMD tanto en portadores de prótesis de superficie implantadas-no ASR (5), como de artroplastias convencionales (5). La edad media ha sido de 63 años.

En la RM los hallazgos más frecuentes han sido masas o colecciones periprotésicas (Casos 1-4).

Otros hallazgos observados: depósitos de baja señal (Caso 2) edema-atrofia muscular (Casos 4 y 6), edema óseo (Caso 4) adenopatías regionales (Casos 5 y 6) y lesiones osteolíticas periprotésicas (Caso 7). Hubo un caso de intoxicación sistémica por cobalto que fue derivado a otro centro hospitalario.

4 pacientes eran portadores de prótesis totales con cabezas de diámetro superior a 36mm.

Todos los pacientes eran sintomáticos, siendo la clínica más frecuente la de coxalgia y dificultad a la deambulación.

La incidencia de estas complicaciones ha sido mayor en varones (9 de 10), obesos (8 de 10) y portadores de prótesis bilaterales (6 de 10).

Ningún paciente presentó antecedentes de inmunodepresión y sólo uno tenía insuficiencia renal.

Todos los pacientes han sido sometidos a un reemplazamiento protésico con resultados anatomopatológicos de ARMD.

Caso 1: ([Fig. 4](#), [Fig. 5](#), [Fig. 6](#), [Fig. 7](#))

Caso 2: ([Fig. 8](#) [Fig. 9](#) [Fig. 10](#))

Caso 3: ([Fig. 11](#), [Fig. 12](#))

Caso 4: ([Fig. 13](#), [Fig. 14](#), [Fig. 15](#))

Caso 5: ([Fig. 16](#))

Caso 6: ([Fig. 17](#), [Fig. 18](#), [Fig. 19](#))

Caso 7: ([Fig. 20](#), [Fig. 21](#), [Fig. 22](#))

Imágenes en esta sección:

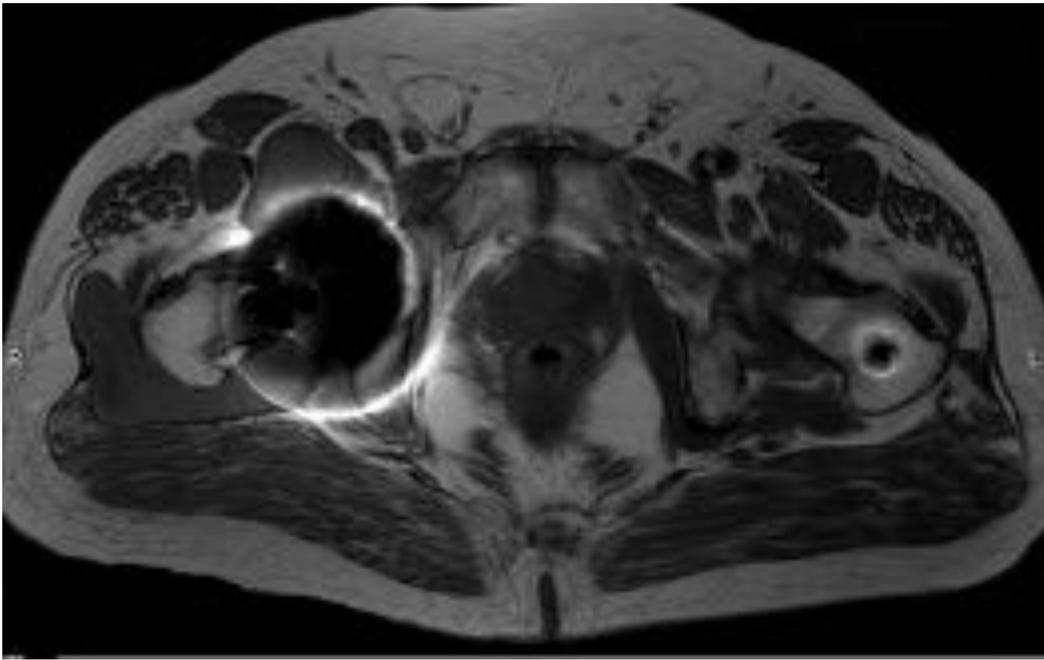


Fig. 4: RM axial en T1. Colección periprotésica derecha isointensa en T1 con extensión anterior y pósterolateral en comunicación con las bursas del iliopsoas y trocánterea respectivamente

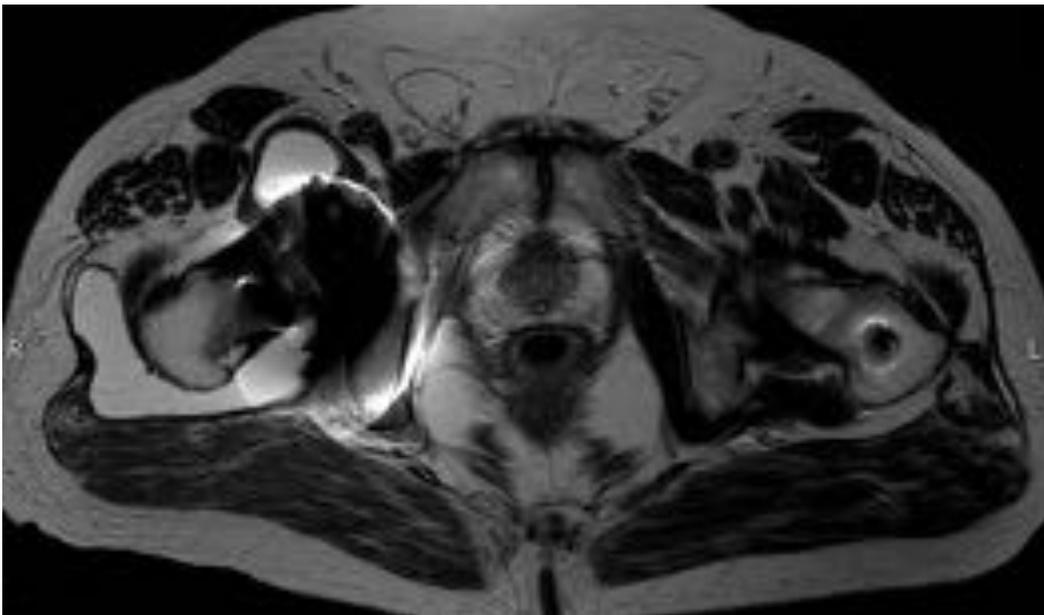


Fig. 5: RM axial en T2. La colección es hiperintensa en T2, rodeada por una cápsula hipointensa (susceptibilidad causada por las partículas metálicas).

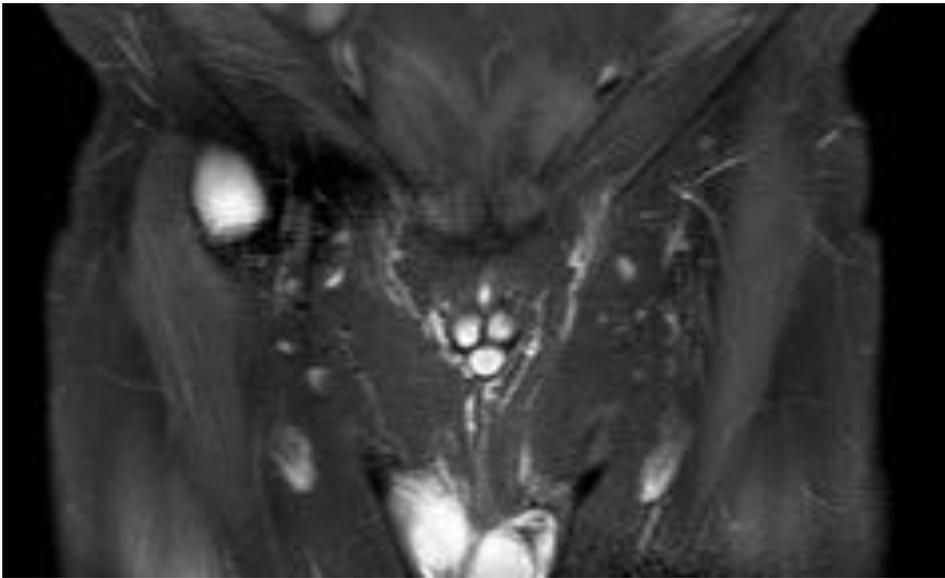


Fig. 6: RM coronal STIR. Extensión anterior con distensión de la bursa del iliopsoas

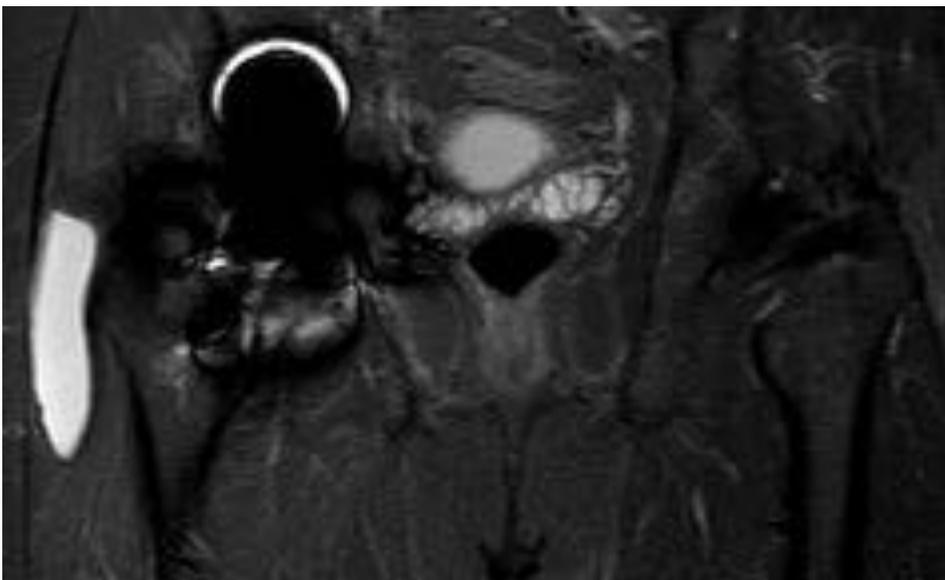


Fig. 7: RM coronal STIR. Extensión pósterolateral en continuidad con la bursa trocantérea.

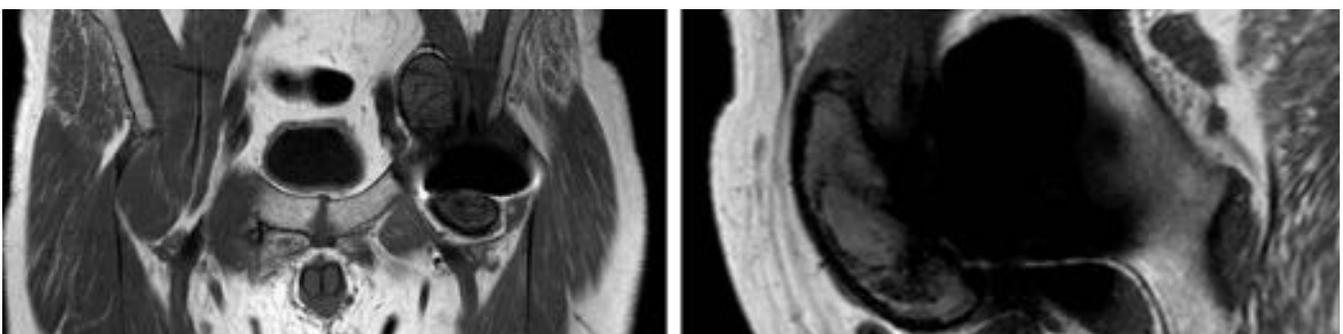


Fig. 8: RM coronal y sagital en T1. Masa de morfología en reloj de arena que parece depender de la

bursa del iliopsoas izquierda. La lesión es isointensa con el músculo en T1, con pared gruesa irregular marcadamente hipointensa en todas las secuencias, y con pequeños artefactos de susceptibilidad en el interior en relación con contenido metálico.

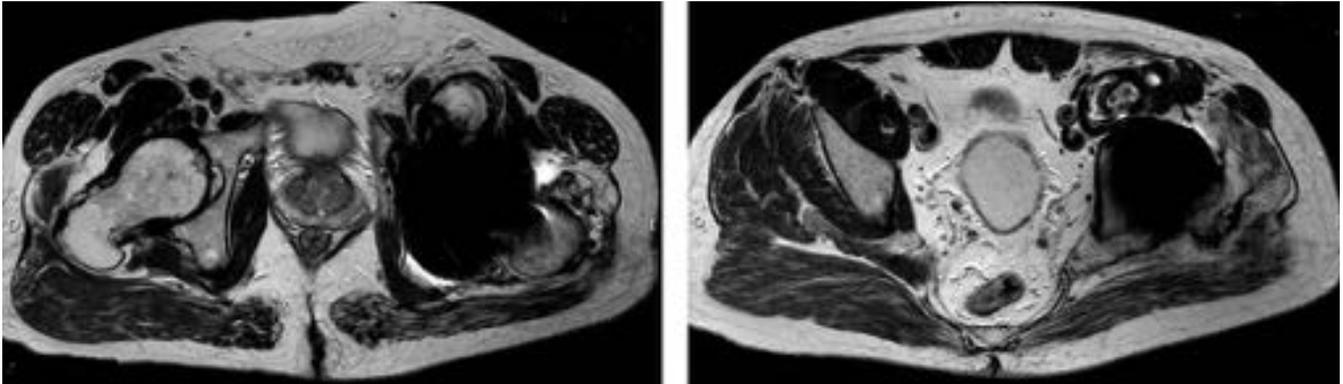


Fig. 9: RM axial en T2. Las lesiones periarticular anterior y adyacente al trocánter mayor izquierdas son hiperintensas, con pared y depósitos en su interior marcadamente hipointensos

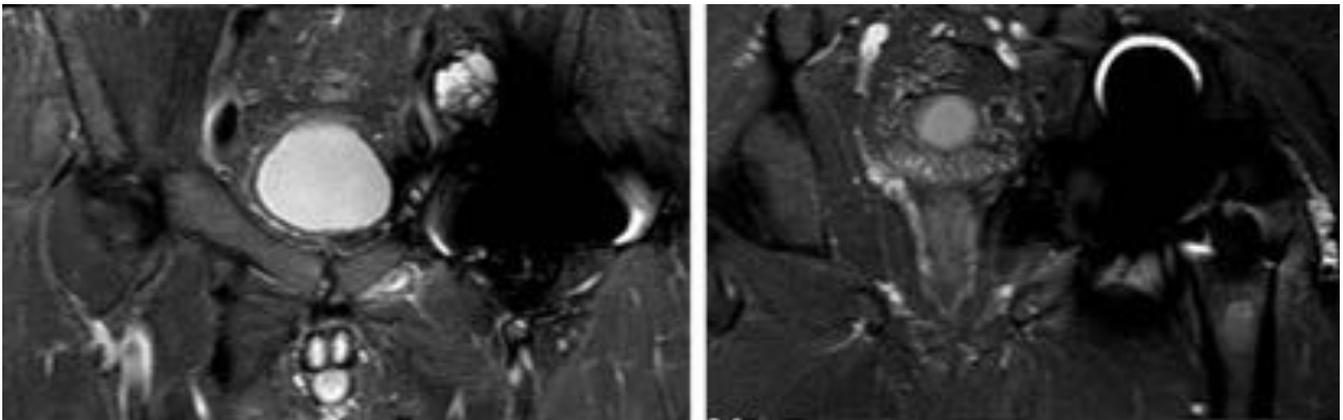


Fig. 10: RM coronal STIR. Hallazgos RM similares a los descritos en secuencia T2. Ausencia de cambios inflamatorios en tejidos blandos adyacentes a las lesiones.

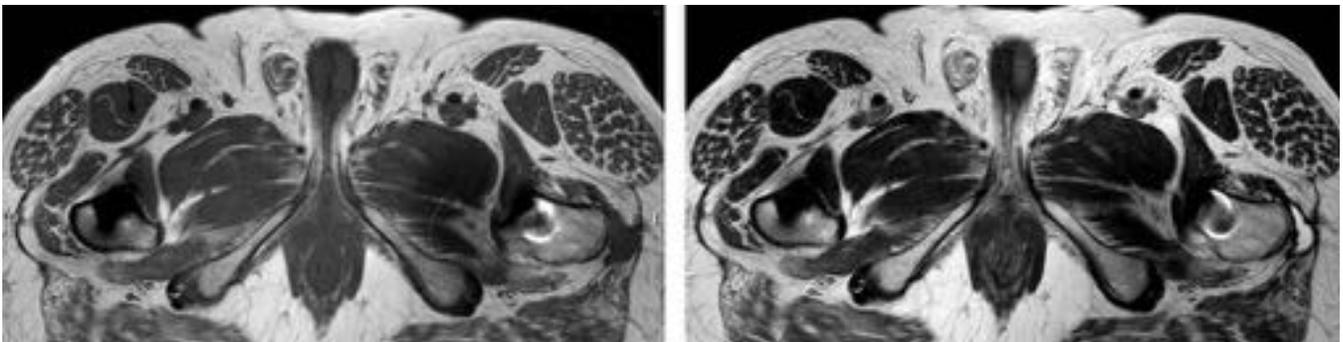


Fig. 11: RM axial en T1 y T2. Portador de PTC bilateral. Distensión de la bursa trocantérea izquierda.

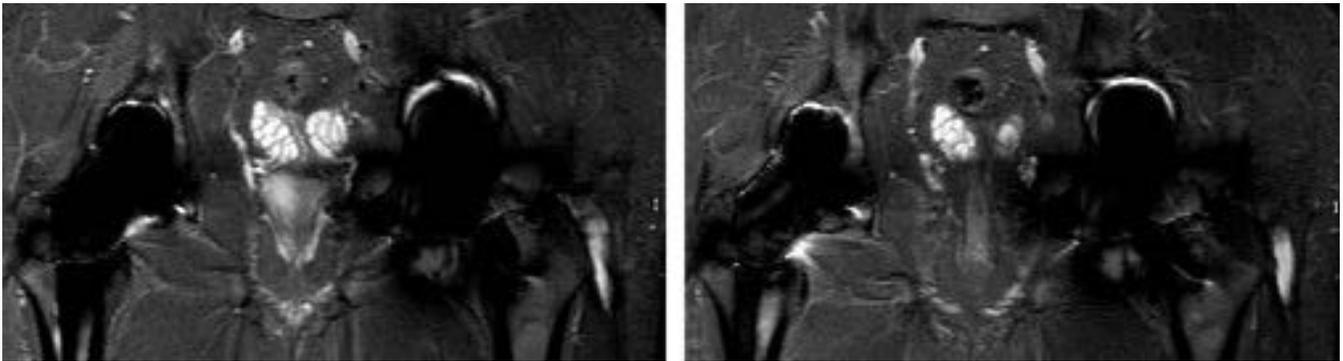


Fig. 12: RM coronal STIR. Prótesis bilaterales. Distensión de la bursa trocantérea izquierda.

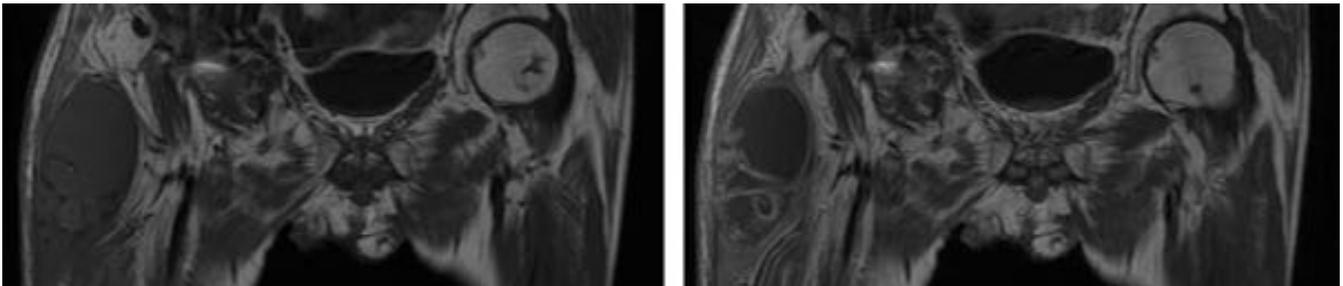


Fig. 13: RM coronal T1. Portador de PTC derecha. Colección de localización anterior, isointensa con el músculo con cápsula periférica hipointensa y (b) con captación periférica de contraste.

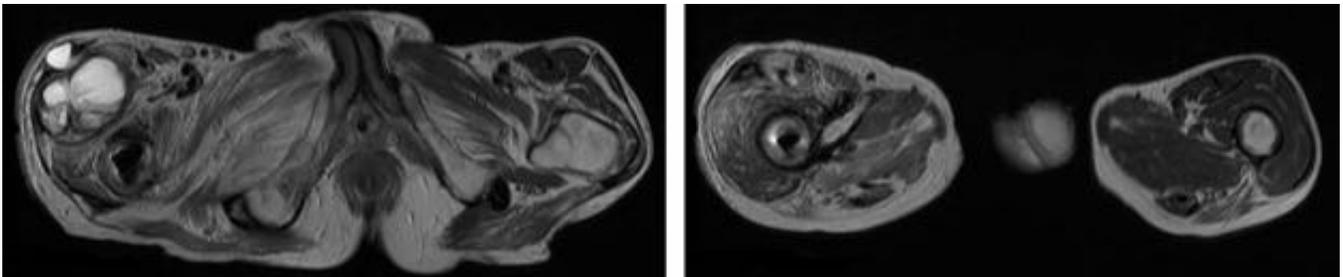


Fig. 14: RM axial en T2. La colección es hiperintensa con depósitos hipointensos y con atrofia grupos musculares adyacentes (adductores, obturador externo, pectíneo, recto femoral y vasto lateral)

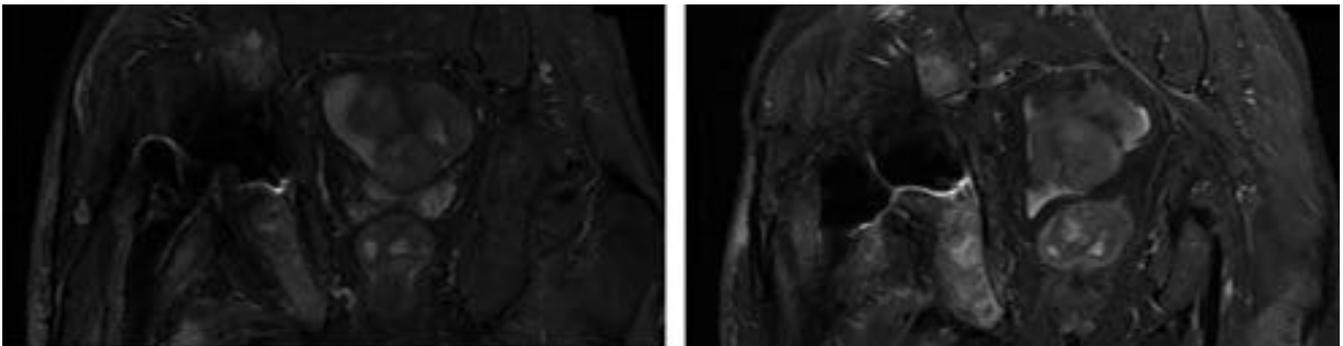


Fig. 15: RM coronal STIR. La lesión se extiende al hueso, con edema óseo en hemipelvis derecha.

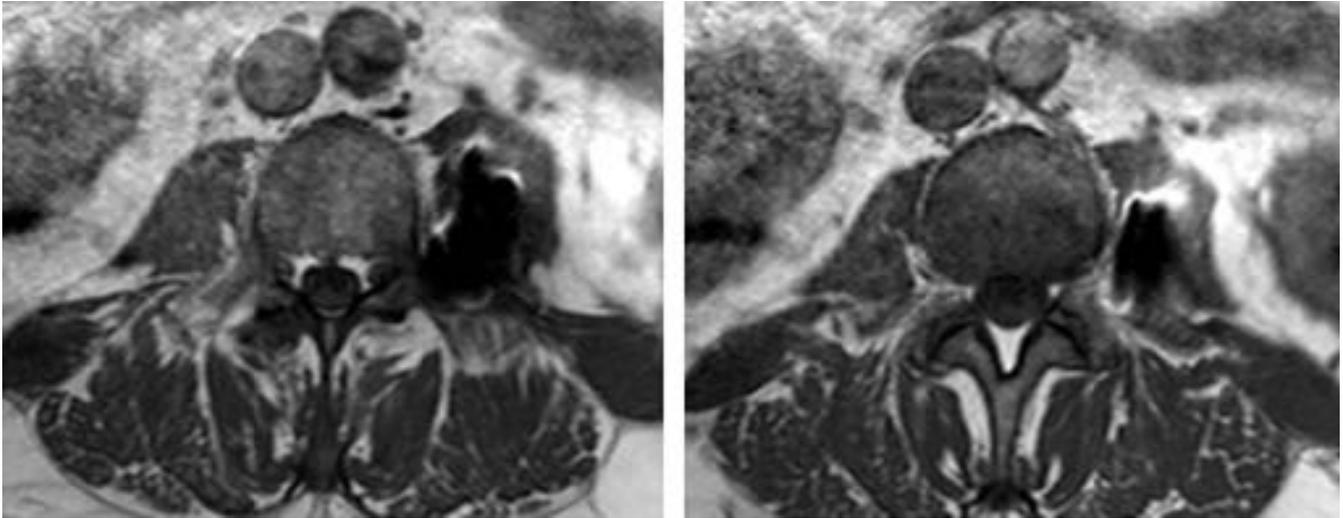


Fig. 16: RM axial en T1. Artefacto de susceptibilidad con vacío de señal en Ms psoas izquierdo. Paciente portador de prótesis de superficie metal-metal, diagnosticado de ARMD con afectación sistémica por intoxicación por cromo y cobalto.

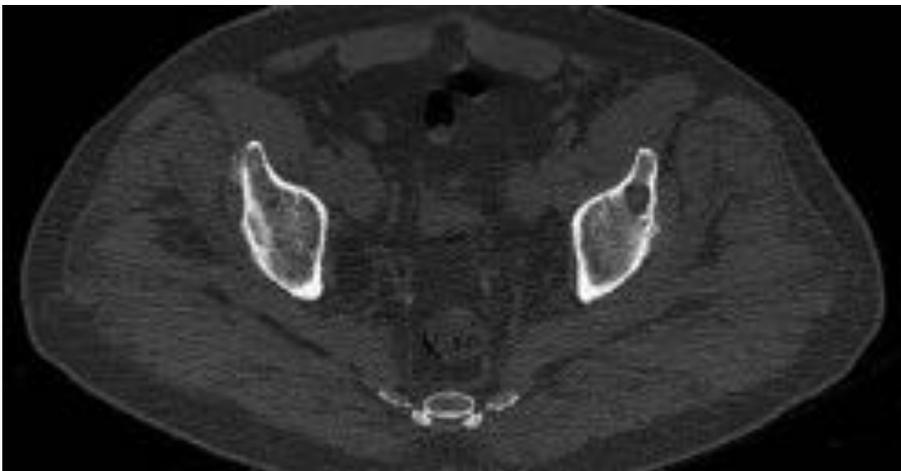


Fig. 17: Portador de prótesis de superficie bilateral. Clínica de coxalgia izda. TC axial. Osteolisis supraacetabular izda inespecífica(quiste subcondral?)

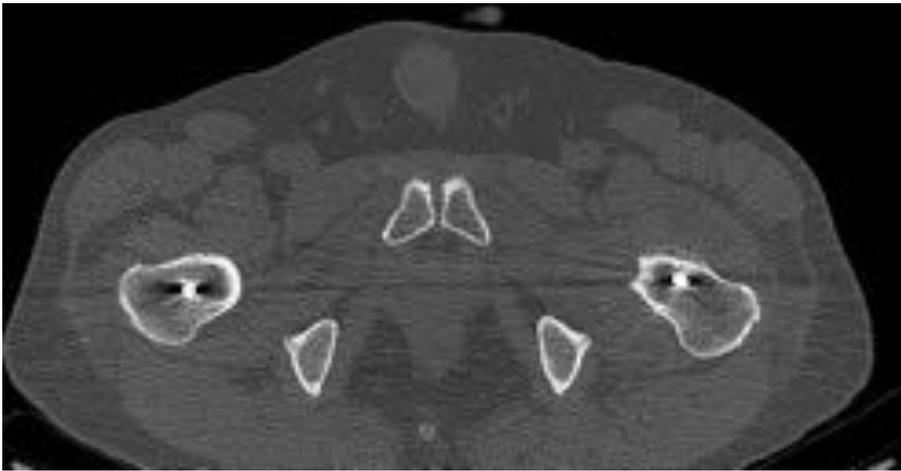


Fig. 18: Mismo paciente en cortes más caudales, con aparente aumento de tamaño de los Ms tensor de la fascia lata y vasto lateral izquierdos. En revisión quirúrgica de prótesis se halla área de metalosis ósea y de partes blandas. Se coloca nueva artroplastia modular

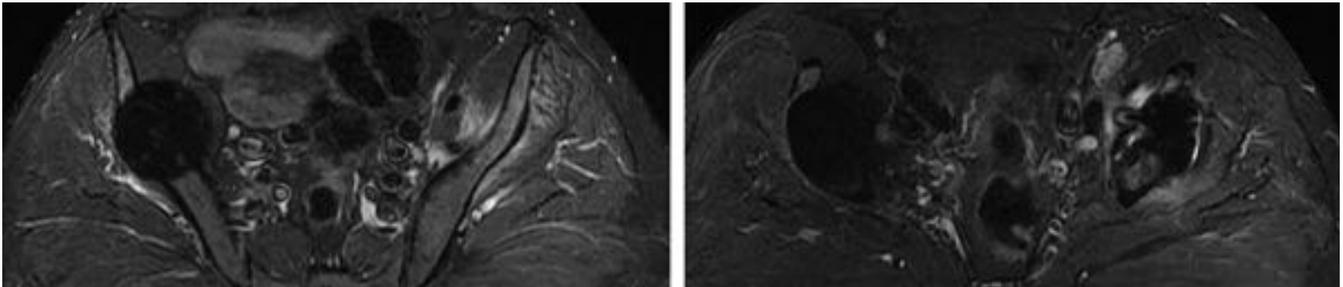


Fig. 19: 15 meses más tarde vuelve a consultar por coxalgia izda. RM axial STIR muestra colección periprotésica anterior, edema en músculos iliaco y glúteo menor izquierdo, y adenopatías ilíacas externas izquierdas . Una nueva revisión quirúrgica confirma la sospecha de ARMD. Colocación de nuevo cuello modular.

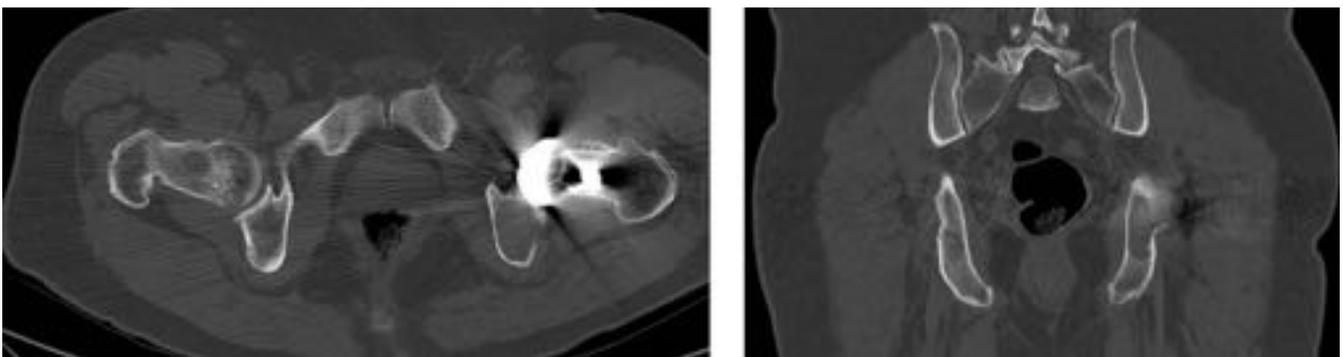


Fig. 20: 7 a,b Portador de prótesis de superficie izquierda. TC axial(a) y reconstrucciones coronales(b) donde se identifica un área lítica con disrupción de la cortical en isquion izquierdo. Se observaban en el mismo estudio otras áreas osteolíticas periarticulares(no mostradas)

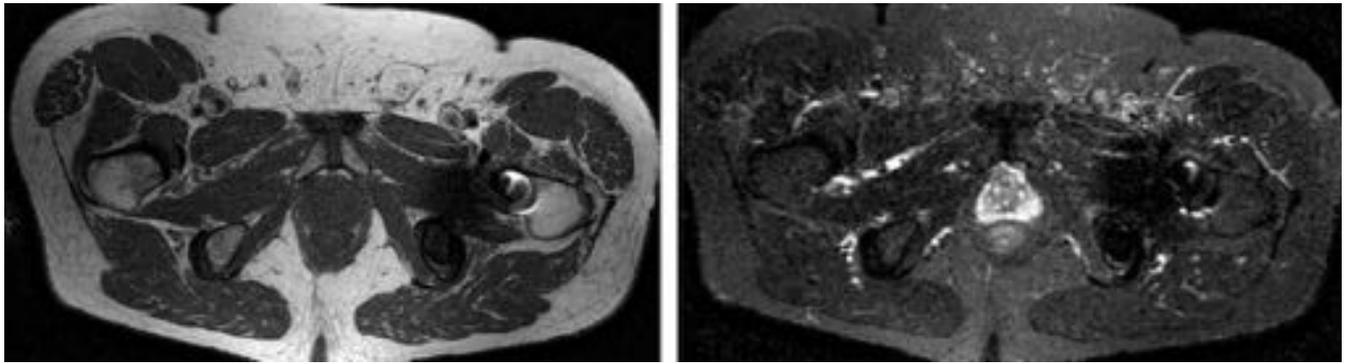


Fig. 21: 7 c,d RM axial en T1 y STIR donde se muestra la osteolisis del isquion izquierdo. Presenta hipointensidad en todas las secuencias por artefacto de susceptibilidad por debris metálico.

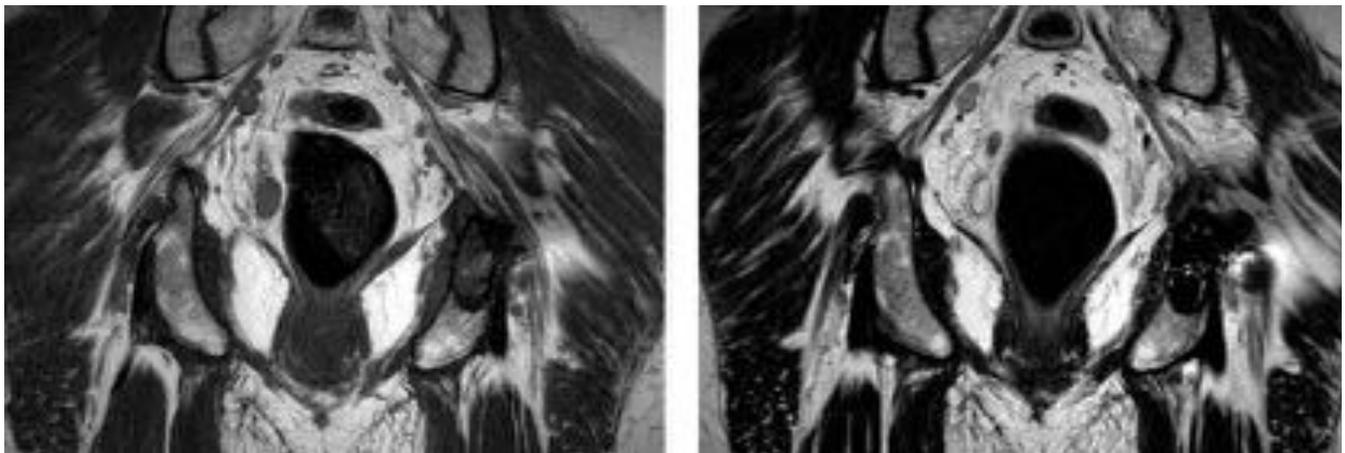


Fig. 22: 7 e,f RM coronal en T1 y T2 donde se muestra la osteolisis del isquion izquierdo. Presenta hipointensidad en todas las secuencias por artefacto de susceptibilidad por debris metálico.

Conclusiones

La RM es una herramienta determinante no invasiva en el diagnóstico de la presencia y severidad de las reacciones adversas a partículas metálicas.

El radiólogo debería estar familiarizado con los algoritmos que se recomiendan en la SECCA en el seguimiento del paciente implantado de riesgo. Una adecuada monitorización de estos pacientes con una detección precoz de estas lesiones evitaría una mayor extensión y severidad de las mismas, especialmente en pacientes asintomáticos.

Bibliografía / Referencias

1. Gómez García, F. Tribología moderna en artroplastia total de cadera: pros y contras. Acta Ortopédica Mexicana 2014; 28(5): Sep.-Oct: 319-335.

2. Jan Fritz, MD Brett Lurie, MBBS Theodore T. Miller, MD Hollis G. Potter, MD. Radiographics July-August 2014, Volume 34, Issue 4
3. Mancuso CA, Salvati EA, Johanson NA, Peterson MG, Charlson ME. Patients' expectations and satisfaction with total hip arthroplasty. *J Arthroplasty* 1997;12(4):387–396.
4. Alissa J. Burge, Stephanie L. Gold, BA, Brett Lurie, MBBS, Danyal H. Nawabi, Kara G. Fields, Matthew F. Koff, Geoffrey Westrich, Hollis G. Potter . MR imaging of Adverse Local Tissue Reactions around Rejuvenate Modular Dual-Taper Stems. *Radiology* Volume 277: Number 1—October2015
5. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(4):780–785
6. Metal -on- Metal Hip Implants: FDA Safety Communication. Date Issued: Jan. 17, 2013. U.S. Food and Drug Administration
7. Hayter CL, Gold SL, Koff MF, et al. MRI findings in painful metal-on-metal hip arthroplasty. *AJR Am J Roentgenol* 2012;199(4):884–893. [Cross](#)
8. Chang EY, McAnally JL, Van Horne JR, et al. Metal-on-metal total hip arthroplasty: do symptoms correlate with MR imaging findings? *Radiology* 2012;265(3):848–857
9. Harris WH: Wear and periprosthetic osteolysis: the problem. *Clin Orthop.* 2001; 393: 66-70.
10. Santavirta S, Bohler M, Harris WH, et al: Alternative materials to improve total hip replacement tribology. *Acta Orthop Scand.* 2003; 74(4): 380-8.
11. Gómez GF: Estado actual de la prótesis femoral de cadera: SLA una consecuencia lógica en artroplastia total de cadera. Ed. McGraw Hill Interamericana; (ISBN 970-10-2548-2) 2000.
12. Haddad FS, Konan S. Current controversies in hip surgery. *J Bone Joint Surg Br.* 2012;94(3):297-301.
13. Langton DJ, Joyce TJ, Jameson SS, et al. Adverse reaction to metal debris following hip resurfacing: the influence of component type, orientation and volumetric wear. *J Bone Joint Surg Br.* 2011;93(2):164-71.
14. Medical Device Alert: all MoM hip replacements. MDA/2010/033. London: Medical and Healthcare Products Regulatory Agency. <http://www.mhra.gov.uk/Publications/Safetywarnings/MedicalDeviceAlerts/CON79157>, 2010.
- 15 .Gallart X, Marín O. Información y asesoramiento para cirujanos ortopédicos: árbol de decisiones ante un paciente portador de prótesis con par de fricción metal-metal. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2011;55(1):67-69

16. Garbuz DS, Hargreaves BA, Duncan CP, Masri BA, Wilson DR, Forster BB. The John Charnley Award: Diagnostic accuracy of MRI versus ultrasound for detecting pseudotumors in asymptomatic metal-on-metal THA. *Clin Orthop Relat Res.* 2014;472:417–423.
17. Williams DH, Greidanus NV, Masri BA, Duncan CP, Garbuz DS. Prevalence of pseudotumor in asymptomatic patients after metal-on-metal hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;23:2164–2171. Chang EY, McAnally JL, Van Horne JR, Statum
18. Nam D, Barrack RL, Potter HG. “What are the advantages and disadvantages of imaging modalities to diagnose wear-related corrosion problems?” *Clin Orthop Relat Res* 472 (2014): 3665-3673