

ARTÍCULO ESPECIAL

Enfermedades reumatológicas en la columna vertebral: diagnóstico radiológico



CrossMark

J.A. Narváez^{a,*}, J. Hernández-Gañán^a, J. Isern^a y J.J. Sánchez-Fernández^b

^a Sección de Radiología Músculo-Esquelética, Hospital Universitari de Bellvitge, L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, España

^b Institut de Diagnòstic per la Imatge, Hospital Universitari de Bellvitge, L'Hospitalet de Llobregat, Barcelona, España

Recibido el 23 de junio de 2015; aceptado el 5 de enero de 2016

Disponible en Internet el 20 de febrero de 2016

PALABRAS CLAVE

Artritis reumatoide;
Espondiloartritis
axial;
Tomografía
computarizada;
Resonancia
magnética

Resumen La afectación raquídea es frecuente tanto en las espondiloartritis como en la artritis reumatoide, la cual afecta selectivamente al segmento cervical. La afectación reumatoide de la columna cervical presenta unas manifestaciones radiológicas típicas, fundamentalmente en forma de varios tipos de patrones de inestabilidad articular atloaxoidea. La resonancia magnética (RM) es la técnica de elección para evaluar la posible repercusión mielorradicar de la inestabilidad atloaxoidea en los pacientes con artritis reumatoide, así como para evaluar parámetros indicativos de inflamación activa, como el edema óseo y la sinovitis. La afectación axial es característica en las espondiloartritis y presenta unas manifestaciones radiográficas distintivas, que reflejan fenómenos destructivos y reparativos. El uso de la RM ha cambiado la concepción de la espondiloartritis al conseguir detectar de manera directa los cambios inflamatorios propios de la enfermedad, permitiendo establecer un diagnóstico precoz cuando las radiografías son normales (espondiloartritis axial no radiográfica), evaluar el pronóstico de la enfermedad y contribuir a la planificación del tratamiento.

© 2016 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

KEYWORDS

Rheumatoid arthritis;
Axial
spondyloarthritis;
Computed
tomography;
Magnetic resonance
imaging

Rheumatic diseases of the spine: imaging diagnosis

Abstract Spinal involvement is common both in the spondyloarthritides and in rheumatoid arthritis, in which the cervical segment is selectively affected. Rheumatoid involvement of the cervical spine has characteristic radiologic manifestations, fundamentally different patterns of atlantoaxial instability. Magnetic resonance imaging (MRI) is the technique of choice for evaluating the possible repercussions of atlantoaxial instability on the spinal cord and/or nerve roots in patients with rheumatoid arthritis as well as for evaluating parameters indicative of

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jnarvaez@bellvitgehospital.cat (J.A. Narváez).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rx.2016.01.002>

0033-8338/© 2016 SERAM. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

active inflammation, such as bone edema and synovitis. Axial involvement is characteristic in the spondyloarthritides and has distinctive manifestations on plain-film X-rays, which reflect destructive and reparative phenomena. The use of MRI has changed the conception of spondyloarthritis because it is able to directly detect the inflammatory changes that form part of the disease, making it possible to establish the diagnosis early in the disease process, when plain-film X-ray findings are normal (non-radiographic axial spondyloarthritis), to assess the prognosis of the disease, and to contribute to treatment planning.

© 2016 SERAM. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

La columna vertebral es una localización frecuente de algunas de las principales enfermedades reumatológicas, y a menudo su aspecto radiológico es característico.

El objetivo de este trabajo es revisar los aspectos principales del diagnóstico radiológico de la afectación raquídea en la artritis reumatoide y en las espondiloartritis, poniendo especial énfasis en el uso de la resonancia magnética (RM), ya que puede detectar los fenómenos inflamatorios en fases iniciales y establecer el diagnóstico cuando las radiografías aún son normales. Se revisan también el valor pronóstico de ciertas alteraciones en la RM y el diagnóstico radiológico de las principales complicaciones de la afectación vertebral en estos pacientes, algunas de las cuales se asocian a una alta morbilidad y hasta pueden ser mortales.

Artritis reumatoide

Epidemiología

La artritis reumatoide es una enfermedad autoinmunitaria de causa desconocida, que puede afectar a múltiples órganos. Aparece a cualquier edad, pero lo más habitual es que se inicie entre la cuarta y la sexta décadas de la vida, y es entre dos y tres veces más frecuente en las mujeres que en los hombres.

Las articulaciones periféricas, y especialmente las pequeñas articulaciones de las manos y de los pies, son la localización característica de la enfermedad. La columna cervical es también una localización frecuente de la artritis reumatoide, siendo muy rara la afección del resto de los segmentos raquídeos. El porcentaje de pacientes en quienes la columna cervical está afectada oscila entre el 43% y el 86% según las series^{1,2}.

Aunque todos los elementos de la columna cervical pueden verse implicados, la lesión más importante por su frecuencia y potencial repercusión es la que ocurre en las articulaciones occipitotiloidea y atloaxoidea, en las que se localiza la mayor cantidad de tejido sinovial (órgano diana de esta enfermedad) de todo el raquis.

Estudio radiológico

Las radiografías son la primera prueba de imagen que debe realizarse en estos pacientes. Son necesarias las

proyecciones anteroposterior (AP), AP con la boca abierta (transoral) para evaluar C1 y C2, y lateral en posición neutra, seguidas de las proyecciones laterales obtenidas en las máximas flexión y extensión toleradas por los pacientes. En la realización de estas últimas es importante prestar atención a los posibles síntomas referidos por los pacientes, dado el riesgo de afectación neurológica en caso de subluxación atloaxoidea avanzada.

Los hallazgos radiológicos más frecuentes son: a) erosiones, especialmente de la apófisis odontoides, que pueden llegar a ser muy extensas y provocar una gran destrucción, o incluso una fractura patológica de la apófisis, y b) subluxaciones, que se clasifican, según el segmento de la columna cervical afecto, en atloaxoideas y subaxiales, y que consideradas globalmente se observan hasta en un 44% a un 49% de los pacientes con artritis reumatoide^{2,3}.

Las subluxaciones atloaxoideas pueden ser de cinco tipos: anterior, superior o vertical, lateral, rotatoria y posterior. La subluxación atloaxoidea anterior es consecuencia de la elongación o la destrucción del ligamento transversal causada por el *pannus* sinovial, lo que condiciona un desplazamiento anterior del atlas. Es el patrón de inestabilidad cervical más frecuente en esta enfermedad, y su prevalencia aumenta con la duración de esta, oscilando entre un 3,4% y un 12% de los casos⁴ cuando la enfermedad tiene una duración inferior a 2 años, y entre un 18% y un 23% en las series de pacientes con enfermedad de larga evolución^{3,5}. Esta subluxación viene definida radiológicamente por una distancia entre el margen posterior del arco anterior de C1 y el margen anterior de la apófisis odontoides mayor de 3 mm, distancia que debe medirse en la parte inferior de la articulación. La proyección lateral en flexión es imprescindible para evaluar este tipo de inestabilidad, puesto que con frecuencia no se demuestra o se infraestima en la proyección lateral en posición neutra (fig. 1).

La subluxación atloaxoidea superior o vertical constituye el segundo patrón de inestabilidad más frecuente y es consecuencia del colapso de las masas laterales del atlas debido a las erosiones articulares, lo que provoca una migración craneal de la apófisis odontoides a través del agujero magno. Suele ir precedida por una subluxación atloaxoidea anterior, o más rara vez posterior. Se han descrito un gran número de medidas en las radiografías para establecer este diagnóstico¹, pero las más utilizadas son:

- La línea de McGregor: se traza en una proyección lateral, desde el borde posterior del paladar duro hasta el



Figura 1 Proyecciones laterales en posición neutra y en flexión. La subluxación atloaxoidea anterior (línea negra: espacio atloaxoideo anterior) sólo se pone de manifiesto en la proyección obtenida en flexión cervical.

punto más caudal y externo de la escama del occipital. La subluxación atloaxoidea superior ocurre cuando el borde superior del odontoides supera los 4,5 mm sobre esta línea. La desventaja de esta medición es la difícil definición de los bordes óseos de referencia, en especial cuando hay erosión de la apófisis odontoides.

- La línea de McRae: define la apertura del agujero magno y conecta su margen anterior (basion) con el margen posterior (opistion). La apófisis odontoides debería situarse justo por debajo de esta línea. Es difícil de trazar en las radiografías por la superposición de las estructuras anatómicas, pero es fácilmente evaluable mediante reconstrucciones sagitales de tomografía computarizada (TC) o con RM⁶ (fig. 2).

La destrucción del borde superior de la apófisis odontoides provocada por las erosiones tiene un efecto protector sobre las consecuencias de la migración craneal de esta, pero puede falsear los resultados de las valoraciones radiográficas descritas. Por otra parte, no siempre se identifica correctamente el paladar duro en las radiografías y por ello se han propuesto otros índices de medida radiográficos, como los métodos de Ranawat, de Ranawat modificado y de Clark, que no emplean como referencias anatómicas el margen de la apófisis odontoides ni el paladar duro, o el método de Redlund-Johnell^{1,6,7} (fig. 3).

La subluxación atloaxoidea posterior es muy poco común. Consiste en un desplazamiento posterior del atlas y suele ocurrir en casos con gran destrucción o fractura de la apófisis odontoides causada por las erosiones^{1,2}. Para demostrarla, son útiles las proyecciones laterales en extensión y en posición neutra.

La subluxación atlantoaxoidea lateral se debe a una afección unilateral o asimétrica de la articulación atloaxoidea lateral, y se define radiológicamente por un desplazamiento de la masa lateral del atlas respecto del axis de más de 2 mm⁷, que se identifica mejor en la proyección transoral.

La subluxación atloaxoidea rotatoria es poco común y se debe a la insuficiencia de los ligamentos alares y a la destrucción articular. Es más patente en los cortes axiales de TC o RM, en los que se observa una asimetría entre las masas laterales del atlas respecto a la apófisis odontoides^{1,7}.

Las subluxaciones subaxiales, por debajo de C2, son relativamente frecuentes y afectan más o menos a un 20% de

los casos^{3,4}. Se definen por el desplazamiento de un cuerpo vertebral, la mayor parte de la veces en sentido anterior, de más del 10% del cuerpo vertebral o superior a 3 mm¹ (fig. 2). Los niveles más comúnmente afectados son C3-C4 y C4-C5, y es frecuente que se vean involucrados múltiples niveles, lo que produce una apariencia de columna «en escalera» (fig. 4).

Otras manifestaciones radiológicas menos frecuentes son cambios de «pseudodiscitis» o discitis aséptica, que ocurren en el segmento subaxial, con disminución del espacio intervertebral e irregularidad y erosiones de las plataformas somáticas, que no se acompañan de grandes cambios de esclerosis ni de osteofitos marginales⁷, y por último las erosiones en las apófisis espinosas.

Resonancia magnética

La RM permite detectar signos de afectación inflamatoria (sinovitis, edema óseo) y daño estructural (erosiones) en pacientes con radiografías normales o asintomáticos (fig. 5).

En la RM, el edema óseo es característico de la afección articular de la artritis reumatoide, no sólo en su fase precoz^{8,9}. Se considera un marcador inicial de inflamación, que se correlaciona estrechamente con la presencia de sinovitis, y ha demostrado ser un precursor de la aparición de erosiones en el seguimiento evolutivo, por lo que puede utilizarse como elemento pronóstico de destrucción articular⁹. En los pocos estudios publicados, el edema óseo es un hallazgo frecuente en los pacientes con artritis reumatoide con afectación sintomática de la columna cervical, ya que se detecta en el 47% al 74% de los casos^{10,11}. Puede darse tanto en la región atloaxoidea, donde suele localizarse en la apófisis odontoides, como a nivel subaxial, donde los cambios del edema se detectan en las regiones subcondrales de las plataformas somáticas o en las articulaciones interapofisarias^{10,11}. En el segmento subaxial, la ausencia de osteofitos, junto con la reducción de la altura discal y las erosiones de las plataformas somáticas, sugieren una naturaleza inflamatoria del edema óseo. Los pacientes con artritis reumatoide en quienes la RM detecta edema óseo en la columna cervical presentan analíticamente una mayor respuesta inflamatoria, así como un mayor grado de sinovitis cuando el edema es atloaxoideo¹⁰, por lo que debe



Figura 2 Subluxación atloaxoidea anterior, superior y subaxial en un paciente con artritis reumatoide. Proyección radiográfica lateral, reformateo sagital de TC y cortes sagitales de RM en secuencias T1 y T2. Se observa un aumento de la distancia atloaxoidea anterior (flecha blanca) que se identifica mejor en la radiografía y en la imagen de TC. El borde superior de la apófisis odontoides se proyecta por encima de la línea de McRae (línea discontinua en la imagen de TC), estableciendo el diagnóstico de subluxación atloaxoidea superior. Se observa también un desplazamiento anterior de C4 sobre C5 (líneas blandas sobre el borde anterior de los cuerpos vertebrales correspondientes), que corresponde a una subluxación subaxial. Los cortes de RM demuestran la impronta de la apófisis odontoides en el tronco encefálico, así como una estenosis del canal raquídeo a nivel de C4-C5 y de C6-C7, por hipertrofia de ligamentos amarillos y cambios de discopatía.

considerarse como un marcador de inflamación activa, al igual que en las articulaciones periféricas.

Además de los cambios de discitis aséptica ya mencionados, la RM puede mostrar fenómenos de entesitis en los ligamentos interespinosos y supraespinosos, y cambios de anquilosis, a nivel subaxial, en los cuerpos vertebrales o las articulaciones interapofisarias¹², estos últimos como consecuencia de fenómenos reparativos propios de la enfermedad.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que la RM permite detectar signos de afectación inflamatoria (sinovitis, edema óseo) o de daño estructural (erosiones) (fig. 5) en pacientes con radiografías normales o asintomáticos.

Complicaciones de la artritis reumatoide cervical

La principal consecuencia de estas subluxaciones cervicales es la posible compresión de la médula o del

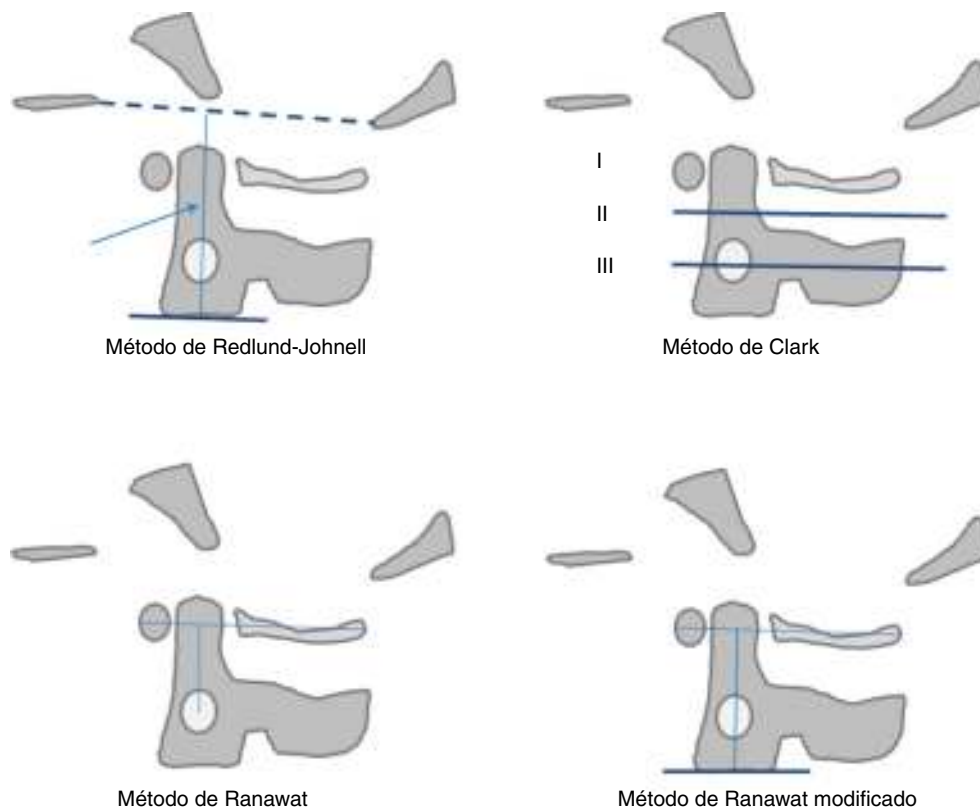


Figura 3 Esquema de los métodos diagnósticos de subluxación atloaxoidea superior que no emplean la posición de la apófisis odontoides como marcador anatómico. Método de Redlund-Johnell: se calcula la distancia entre la línea de McGregor y el punto medio del margen inferior del cuerpo del axis. Valores < 34 mm en el hombre y < 29 mm en la mujer son indicadores de subluxación atloaxoidea superior. Método de Clark: evalúa la posición del atlas respecto al axis y establece el diagnóstico de subluxación superior cuando el arco anterior de C1 se encuentra a nivel de los tercios medio (II) o caudal (III) del atlas. Método de Ranawat: mide la distancia entre el centro del pedículo de C2 y el eje transversal del atlas, a través del eje axial de la odontoides. Se consideran alterados unos valores < 15 mm en el hombre y < 13 mm en la mujer. Método de Ranawat modificado: se calcula la distancia entre el punto medio del margen inferior del cuerpo del axis y el eje transversal del atlas. Se emplea en reformateos sagitales de TC, en los que es más difícil establecer la posición del pedículo de C2. Los valores normales son $> 23,7$ mm en el hombre y $> 24,2$ mm en la mujer⁶.



Figura 4 Radiografía en proyección lateral y corte sagital de RM en secuencia potenciada en T2. Se observan múltiples subluxaciones anteriores por debajo de C2, que confieren un aspecto «en escalera» a la columna cervical y condicionan una afectación del canal raquídeo, con obliteración del espacio subaracnoideo. En la radiografía se observa también una subluxación atloaxoidea anterior (línea negra).

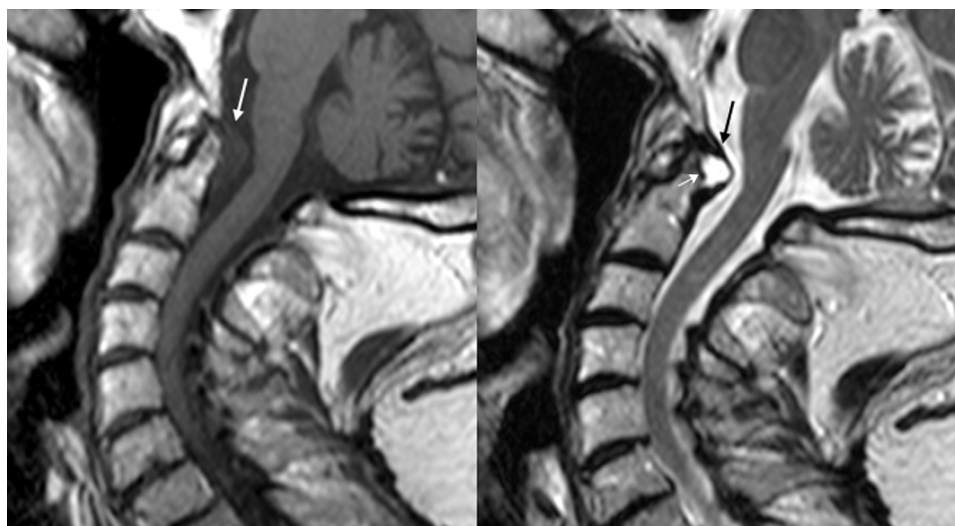


Figura 5 Estudio de RM con cortes sagitales en secuencias T1 y T2. Se observan cambios de sinovitis que distienden el receso posterior de la articulación atlantoaxoidea, ocupando el espacio subaracnoideo anterior (flechas largas). En el margen posterior de la apófisis odontoides pueden verse pequeñas erosiones, con irregularidad del margen cortical (flecha corta).

tronco encefálico, que puede ser difícil de diagnosticar clínicamente en estos pacientes.

La exploración neurológica es dificultosa porque pequeños déficits pueden verse enmascarados en presencia de una afectación articular periférica grave¹³. Ésta se asocia con frecuencia a atrofia muscular, subluxación de las articulaciones, roturas de tendones y atrapamiento de los nervios periféricos, circunstancias que pueden dificultar la interpretación de la exploración neurológica¹³. Sin embargo, una vez que se instauran los déficits neurológicos, la progresión es inevitable y casi el 50% de los pacientes fallecen en el primer año en ausencia de tratamiento¹³. En esta fase, la cirugía puede aliviar el dolor y detener el deterioro neurológico, pero sólo mejora ligeramente el déficit neurológico preexistente. Por lo tanto, resulta en especial importante instaurar el tratamiento antes de que se establezca un déficit neurológico irreversible, lo que hace imprescindible identificar los pacientes en riesgo antes de que se desarrollen los síntomas neurológicos^{13,14}.

La RM constituye la técnica de elección para valorar la afección de la columna cervical en los pacientes con artritis reumatoide, ya que permite analizar la relación entre el atlas, el axis y los cóndilos occipitales, y posibilita evaluar de forma directa la médula y el tronco encefálico¹⁴⁻¹⁹.

En las recomendaciones de la Liga Europea contra las Enfermedades Reumatológicas (EULAR) sobre el empleo de técnicas de imagen en pacientes con artritis reumatoide se establece que debe realizarse un estudio con RM de la columna cervical en aquellos cuyas radiografías sean anormales o cuando se constaten síntomas o signos de mielopatía compresiva²⁰.

La estenosis del canal raquídeo a nivel atlantoaxoideo por RM, definida como un intervalo atlanto-odontoideo posterior inferior a 14 mm, comporta un riesgo cinco veces mayor de déficit neurológico¹⁴. Este riesgo aumenta hasta 10 veces en los casos con evidencia concomitante de compresión de la médula espinal alta o del tronco del encéfalo, identificadas por RM¹⁴. La subluxación atlantoaxoidea superior también se

considera como un factor predictor de déficit neurológico¹³, con un aumento de cinco veces del riesgo de presentar déficit neurológico¹⁷.

En estos pacientes, la estenosis del canal raquídeo subaxial, a menudo con afectación de la médula, es más común que a nivel atlantoaxoideo¹⁷, pero suele ser clínicamente mejor tolerada, de forma que sólo la aparición en la RM de cambios de señal de mielopatía se asocia a disfunción neurológica, con un aumento de 11 veces del riesgo de presentarla¹⁴.

Además de permitir identificar los pacientes con riesgo de desarrollar déficit neurológico, la RM también parece ser un método útil en la determinación del pronóstico de estos casos¹³.

No obstante, en algunas series no se ha encontrado una clara correlación entre los hallazgos de la RM y las manifestaciones clínicas de mielopatía compresiva, por lo que algunos autores han intentado mejorar el rendimiento diagnóstico de la RM mediante la adquisición de cortes sagitales obtenidos en posición neutra y en posiciones de máximas flexión y extensión, denominando a esta técnica «RM funcional»²¹ (fig. 6). El estudio de RM en máxima flexión puede incrementar el dolor o incitar la aparición de síntomas neurológicos, por lo que la obtención de estas secuencias se considera innecesaria si se demuestra compresión medular en los cortes sagitales obtenidos en posición neutra. En alguna serie sólo se ha demostrado afectación del cordón medular en las secuencias en flexión si el espacio subaracnoideo anterior ya estaba disminuido en las secuencias en posición neutra²¹.

Espondiloartritis

Las espondiloartritis, antes llamadas espondiloartropatías y artritis seronegativas, son un grupo de enfermedades reumatológicas que comparten mecanismos patogénicos, características clínicas y una predisposición genética, determinada por la positividad del antígeno de histocompatibilidad leucocitario (HLA) B27.

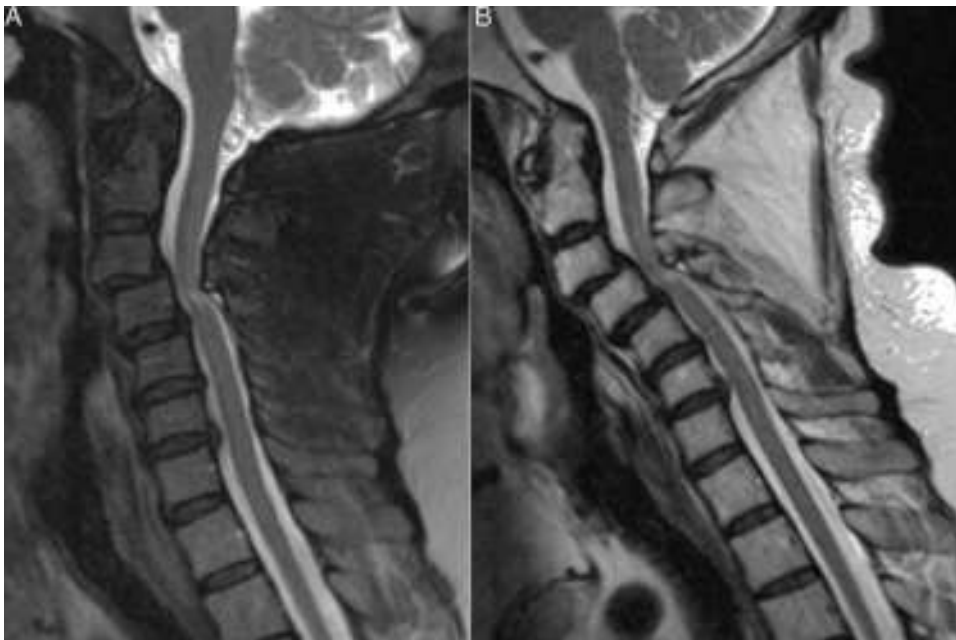


Figura 6 Cortes sagitales de RM en secuencia T2 con supresión grasa obtenidos en posición neutra, y en secuencia T2 en máxima flexión. Se observan subluxaciones anteriores C3-C4 y C4-C5, con estenosis del canal y afectación medular asociados a cambios focales de señal del cordón medular indicativos de mielopatía a la altura de C4. La flexión pone mejor de manifiesto las subluxaciones vertebrales y demuestra un mayor grado de afectación raquídea, que ya se identificaba en posición neutra.

La nueva clasificación de la Assessment SpondyloArthritis International Society (ASAS) divide las espondiloartritis en axiales y periféricas, según su distribución anatómica²². Las espondiloartritis axiales se subdividen a su vez en espondilitis anquilosante y espondiloartritis axial no radiográfica²².

Espondilitis anquilosante

Es la enfermedad más frecuente (afecta a un 0,5-1% de la población de raza blanca) y característica del grupo de las espondiloartritis, y la que más estrechamente se relaciona con el HLA-B27. Suele aparecer en varones menores de 40 años. En las mujeres es entre tres y cuatro veces menos común y suele ser más leve.

Afecta prácticamente siempre a las articulaciones sacroilíacas, y en la mayor parte de los casos a la columna vertebral. En la periferia, predominan la afectación de las entesis y la artritis de las cinturas proximales (escapular y pelviana).

Las alteraciones en las radiografías reflejan inicialmente los cambios destructivos (erosiones) y luego los cambios reparativos propios de la enfermedad (esclerosis, formación reparativa de hueso), pero no se detectan los fenómenos inflamatorios, por lo que estas imágenes no son útiles para el diagnóstico precoz²³.

Las lesiones detectadas en las radiografías en las articulaciones sacroilíacas se incluyen entre los criterios de la clasificación de Nueva York modificada²⁴ empleada para el diagnóstico de la espondilitis anquilosante, pero las alteraciones vertebrales, aunque son características, no están contempladas en dichos criterios. Esto se debe a que

la enfermedad prácticamente siempre empieza afectando las articulaciones sacroilíacas, y la detección de alteraciones radiográficas vertebrales, en ausencia de cambios de sacroilitis, es poco frecuente²⁵.

Las lesiones son más fáciles de identificar en los segmentos cervical y lumbar del raquis, mientras que a nivel dorsal la superposición de otras estructuras anatómicas dificulta su detección.

Los primeros cambios radiográficos se dan en las charnelas dorsolumbar y lumbosacra, y con la progresión de la enfermedad se afecta el resto de la columna²⁵. La alteración radiográfica más precoz consiste en una irregularidad y erosiones del margen cortical de las esquinas anteriores y posteriores de los cuerpos vertebrales, descrita por Romanus en el margen somático anterior (lesión de Romanus)²⁵. En fases más evolucionadas, en estas localizaciones aparecen cambios de esclerosis, denominados «esquinas o ángulos brillantes» (*shiny corners* en la literatura anglosajona), que representan la destrucción y la reparación óseas debidas a fenómenos de entesitis en la inserción vertebral del anillo fibroso, denominados globalmente espondilitis. Progresivamente, estos cambios provocan una rectificación de la concavidad normal del margen somático anterior, por reacción perióstica o formación de hueso reactivo, que da lugar a una cuadratura del cuerpo vertebral en las proyecciones de perfil, identificable especialmente en la columna lumbar²⁵.

La reparación de estos cambios de espondilitis lleva en último término a la aparición del sindesmofito, que es la lesión vertebral más característica y consiste en una fina osificación vertical, localizada en las fibras más periféricas del anillo fibroso discal (fig. 7). Los sindesmofitos aparecen



Figura 7 Proyecciones radiográficas laterales de columna cervical y dorsal en las que se muestra el aspecto típico de los sindesmofitos (flechas) característicos de la espondilitis anquilosante.



Figura 8 Proyecciones radiográficas anteroposterior y de perfil de columna lumbar que muestran sindesmofitos anteriores y posteriores que confieren un aspecto en «caña de bambú», junto con cambios de anquilosis de las articulaciones interapofisarias y osificación del ligamento interespinoso (signo del puñal). Las articulaciones sacroilíacas muestran cambios de anquilosis, completa en el lado derecho.

Tabla 1 Diagnóstico diferencial del sindesmofito

Tipo de lesión	Mecanismo patogénico	Características radiológicas	Enfermedad
Sindesmofito	Osificación de las fibras externas del anillo fibroso discal	Formación ósea delgada, de disposición vertical, que se extiende desde el vértice de un cuerpo vertebral al siguiente	Espondilitis anquilosante, artropatía asociada a enfermedad inflamatoria intestinal
Sindesmofito atípico o para-sindesmofito	Osificación de los tejidos paravertebrales	Formación ósea gruesa, separada del margen del soma vertebral, unilateral o asimétrica	Artritis psoriásica, artritis reactiva
Osteofito	Hiperostosis en el lugar de anclaje de las fibras de Sharpey	Formación triangular, situada unos milímetros por encima del cuerpo vertebral, de trayectoria horizontal y luego vertical	Espondilosis deformante
Osificación ondulante	Osificación del disco intervertebral, del ligamento longitudinal anterior y del tejido paravertebral	Formación ósea ondulante en la cara anterolateral del cuerpo vertebral	Hiperostosis esquelética idiopática difusa

inicialmente en el margen somático anterior y en los espacios comprendidos entre D10 y L2. Suelen ser bilaterales y simétricos, provocan anquilosis del espacio intervertebral dando el típico aspecto de columna «en caña de bambú» (fig. 8), y dan nombre a la enfermedad. La altura del espacio discal está conservada, y cuando la anquilosis es completa, el disco puede calcificarse. El diagnóstico diferencial radiológico de los sindesmofitos se resume en la tabla 1.

Los cambios iniciales en las articulaciones interapofisarias, en forma de erosiones y esclerosis subcondral, son difíciles de identificar en las radiografías. De forma más tardía, la anquilosis de las interapofisarias suele coexistir con la anquilosis de los cuerpos vertebrales y la osificación de los ligamentos supraespinosos e interespinosos, dando lugar al «signo de la daga» en forma de banda radiodensa central en la proyección AP, debido a la osificación de estos ligamentos, y al «signo del carril del tranvía», en el cual la osificación ligamentosa central se superpone a la osificación de las cápsulas articulares de las interapofisarias de ambos lados, observándose en la proyección AP tres bandas radiodensas en la columna (fig. 8).

La afectación inflamatoria de la unión discovertebral fue descrita por Andersson. Ocurre hasta en un 8% de los casos de espondilitis anquilosante y representa una forma aséptica de espondilodiscitis, caracterizada por erosiones de las plataformas somáticas localizadas centralmente, a distancia de sus márgenes anterior y posterior, asociadas a esclerosis subcondral²⁶.

Otras formas de espondiloartritis

La artritis psoriásica, la artritis reactiva (antes conocida como síndrome de Reiter), la artritis asociada a enfermedad inflamatoria intestinal y la espondiloartritis indiferenciada forman parte de las llamadas espondiloartritis periféricas según la nueva clasificación de la ASAS²⁷. No obstante, en estas formas periféricas también puede verse afectado el

raquis, en especial en la artritis psoriásica, en la cual se observa en aproximadamente un 50% de los pacientes⁷.

Radiológicamente, la espondilitis de la artritis psoriásica y la artritis reactiva se caracteriza por la presentación de sindesmofitos groseros de mayor tamaño que en la espondilitis anquilosante, denominados parasindesmofitos por algunos autores (tabla 1), que suelen ser unilaterales y con menos frecuencia bilaterales, con una distribución saltada, respetando algunos espacios discales⁷. En la artritis psoriásica es frecuente la afectación aislada de la columna cervical.

Resonancia magnética

La RM permite detectar los fenómenos inflamatorios característicos de la afectación axial en los pacientes con espondiloartritis cuando las radiografías son aún normales, lo que ha supuesto un gran avance en el diagnóstico precoz de la enfermedad, hasta el punto de que en la última clasificación de la ASAS se describe la espondiloartritis axial no radiográfica, una situación definida por la detección de inflamación activa en la RM de las articulaciones sacroilíacas en pacientes con síntomas idénticos a los de la espondilitis anquilosante, pero con radiografías normales²⁸.

En la columna, la RM también permite detectar lesiones inflamatorias, así como lesiones estructurales (tabla 2), y es frecuente la coexistencia de ambos tipos de lesiones.

El consenso generalizado es intentar incluir en el estudio de RM desde C1 hasta D10 y desde D10 hasta S2²⁹.

La espondilitis, anterior o posterior, se identifica en la RM como cambios de edema óseo con una localización característica y con una morfología aproximadamente triangular, que reflejan cambios de osteítis³⁰⁻³² (fig. 9). Las secuencias STIR o T2 con supresión de grasa son suficientes para detectar estas lesiones en la mayor parte de los casos, sin que sea necesario el empleo sistemático de contraste intravenoso^{29,33}.

Tabla 2 Lesiones raquídeas detectadas por resonancia magnética en pacientes con espondiloartritis

Lesiones inflamatorias activas	Lesiones estructurales
Espondilitis anterior (lesión de Romanus) o posterior	Espondilitis con depósito de médula ósea grasa («esquina grasa»)
Espondilodiscitis (lesión de Andersson)	Sindesmofito
Artritis de interapofisarias	Anquilosis de cuerpos vertebrales
Artritis de costovertebrales y costotransversas	Anquilosis de articulaciones interapofisarias
Entesitis de los ligamentos supraespinosos, interespinosos o ambos	Osificación ligamentosa

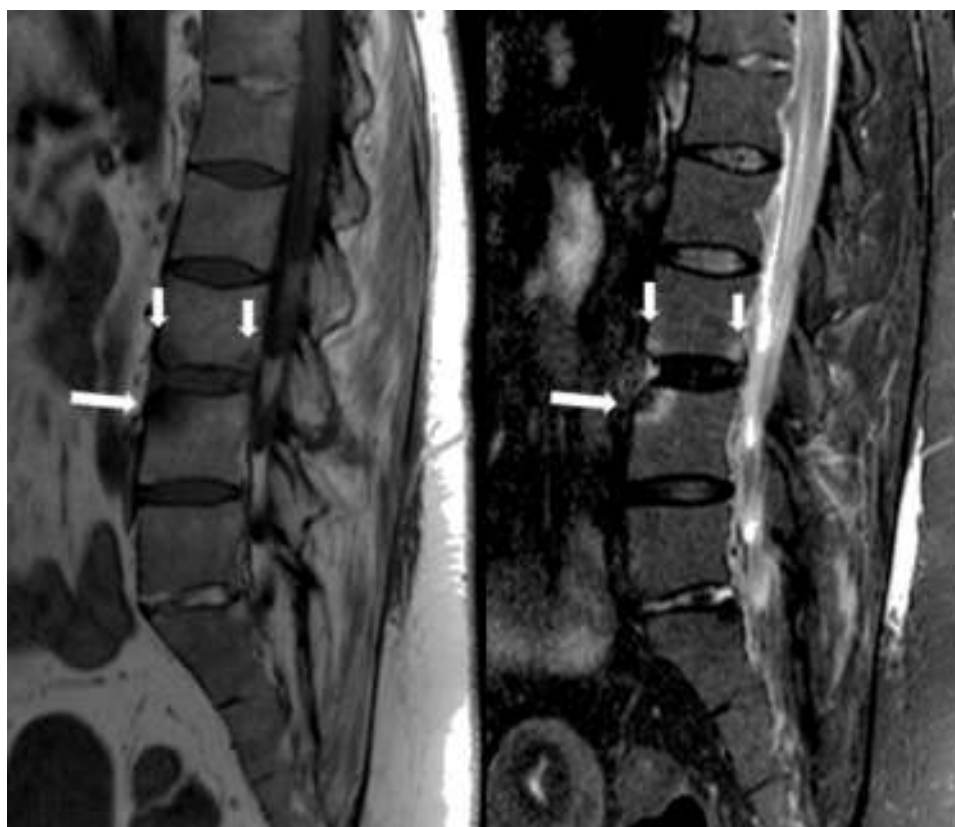


Figura 9 Cortes sagitales de RM en secuencias T1 y STIR. Se observa una lesión de espondilitis en la esquina anterosuperior de L4 (flecha larga), con erosión y cambios de esclerosis subcortical, de baja señal en ambas secuencias, rodeados por cambios de edema óseo. En L3 se detectan otras lesiones de espondilitis anterior y posterior (flechas cortas) constituidas únicamente por cambios de edema óseo. Se identifica anquilosis, con osificación parcial del disco L5-S1, y cuadratura de los cuerpos vertebrales lumbares.

Con la evolución de la enfermedad, estos fenómenos de edema en los ángulos vertebrales son sustituidos por cambios de transformación grasa de la médula ósea, con señal alta en T1 y baja en STIR^{26,31,34}, y posteriormente, cuando las radiografías detectan esclerosis, con señal baja en todas las secuencias de RM³⁵, que pueden estar rodeadas por cambios de edema óseo (fig. 10).

La espondilodiscitis aséptica (lesión de Andersson) se identifica en la RM en forma de cambios de edema subcondral, con áreas de alta señal en T2 con supresión de grasa y STIR, de forma semicircular, asociadas a erosiones en las plataformas somáticas^{31,36}. Las lesiones más grandes quedan delimitadas por un margen de baja señal, que refleja cambios de esclerosis. En las fases más avanzadas, es frecuente la sustitución de los cambios de edema óseo

por cambios de esclerosis (fig. 10) y de fenómenos de transformación grasa de la médula ósea. Al igual que en la espondilitis, estas alteraciones pueden detectarse en la RM antes de que las radiografías muestren cambios³¹.

La artritis de las articulaciones interapofisarias, costovertebrales y costotransversas cursará también fundamentalmente con cambios de edema óseo (fig. 11), que se identificarán en los cortes sagitales más laterales, por lo que es aconsejable aumentar su número para abarcar estas articulaciones, en especial en los estudios de columna dorsal, o añadir cortes axiales de las zonas donde se detecte edema óseo. En las articulaciones interapofisarias puede detectarse, con menos frecuencia, derrame articular. En fases avanzadas, los cambios de edema óseo subcondral pueden ser reemplazados por áreas de depósito de médula ósea



Figura 10 Cortes sagitales de RM en secuencias T1 y STIR. Se observa una lesión discovertebral en D12-L1 con desdibujamiento de la cortical de las plataformas y cambios de la señal del hueso subcondral que reflejan esclerosis, con baja señal en ambas secuencias, rodeados por fenómenos de edema óseo, con señal baja en T1 y alta en STIR. Se observa la típica cuadratura de los cuerpos vertebrales lumbares, con depósito de médula ósea grasa en las esquinas vertebrales (flechas) y sindesmofitos anteriores.

grasa, y finalmente por puentes óseos, hasta la completa anquilosis articular (fig. 12).

Los fenómenos de entesitis se identifican por un aumento de la señal en los ligamentos y en las partes blandas ligamentosas en las secuencias STIR, con mayor captación de contraste intravenoso³¹ (fig. 11). En las secuencias T1, a veces los ligamentos afectados se ven engrosados^{26,35}. Puede asociarse a cambios de osteítis en las apófisis espinosas, con un patrón de edema óseo.

Los sindesmofitos son difíciles de identificar por RM, mientras que las radiografías son más sensibles en su detección³¹. Pueden tener baja señal en todas las secuencias o mostrar un patrón de osificación, con una señal alta en T1 debida a la médula ósea grasa, según su tamaño. En el proceso de anquilosis vertebral, cuando el disco se osifica, su señal se ve reemplazada por una señal idéntica a la de la médula ósea de los cuerpos vertebrales adyacentes (figs. 9 y 12).

Valor de la resonancia magnética

Los hallazgos de RM en la columna vertebral, a diferencia de lo observado en las articulaciones sacroilíacas, no se incluyen en los criterios empleados para el diagnóstico de la espondiloartritis axial, pero en algunos estudios se ha demostrado que la detección de dos o más focos de espondilitis anterior activa en la RM en pacientes menores de 45 años con lumbalgia inflamatoria tiene una sensibilidad y una especificidad del 69% y el 94%, respectivamente, en el diagnóstico de espondiloartritis³⁷. Es importante considerar que

la identificación de cambios de edema óseo en una única esquina vertebral, sobre todo en pacientes de edad media o avanzada, puede deberse a cambios de una discopatía degenerativa²³.

Por otra parte, estas lesiones tienen importancia pronóstica, puesto que el edema óseo de la espondilitis anterior por RM se asocia a un mayor riesgo de desarrollar sindesmofitos en esa localización³⁸⁻⁴⁰. Del mismo modo, la detección en la RM de un depósito de médula ósea grasa en las esquinas vertebrales («esquinas grasas») también se asocia a un aumento del riesgo de desarrollar sindesmofitos en esta localización⁴¹.

Por último, la RM de columna puede ser útil en la planificación terapéutica, pues se ha demostrado que la gravedad de la afectación inflamatoria en la RM vertebral se correlaciona con una buena respuesta clínica al tratamiento con agentes contra el factor de necrosis tumoral⁴².

Complicaciones

Las principales complicaciones son la fractura de la columna anquilosada y, con mucha menor frecuencia, la inestabilidad atloaxoidea.

La pérdida de flexibilidad de la columna anquilosada, y su fragilidad debida a la osteoporosis que tiene lugar tras instaurarse la anquilosis, son las causas de las fracturas, que constituyen una complicación grave⁴³. Estas fracturas suelen deberse a traumatismos leves e incluso pueden ser atraumáticas. La línea de fractura típicamente afecta el espacio discal anquilosado o, de forma menos común, las

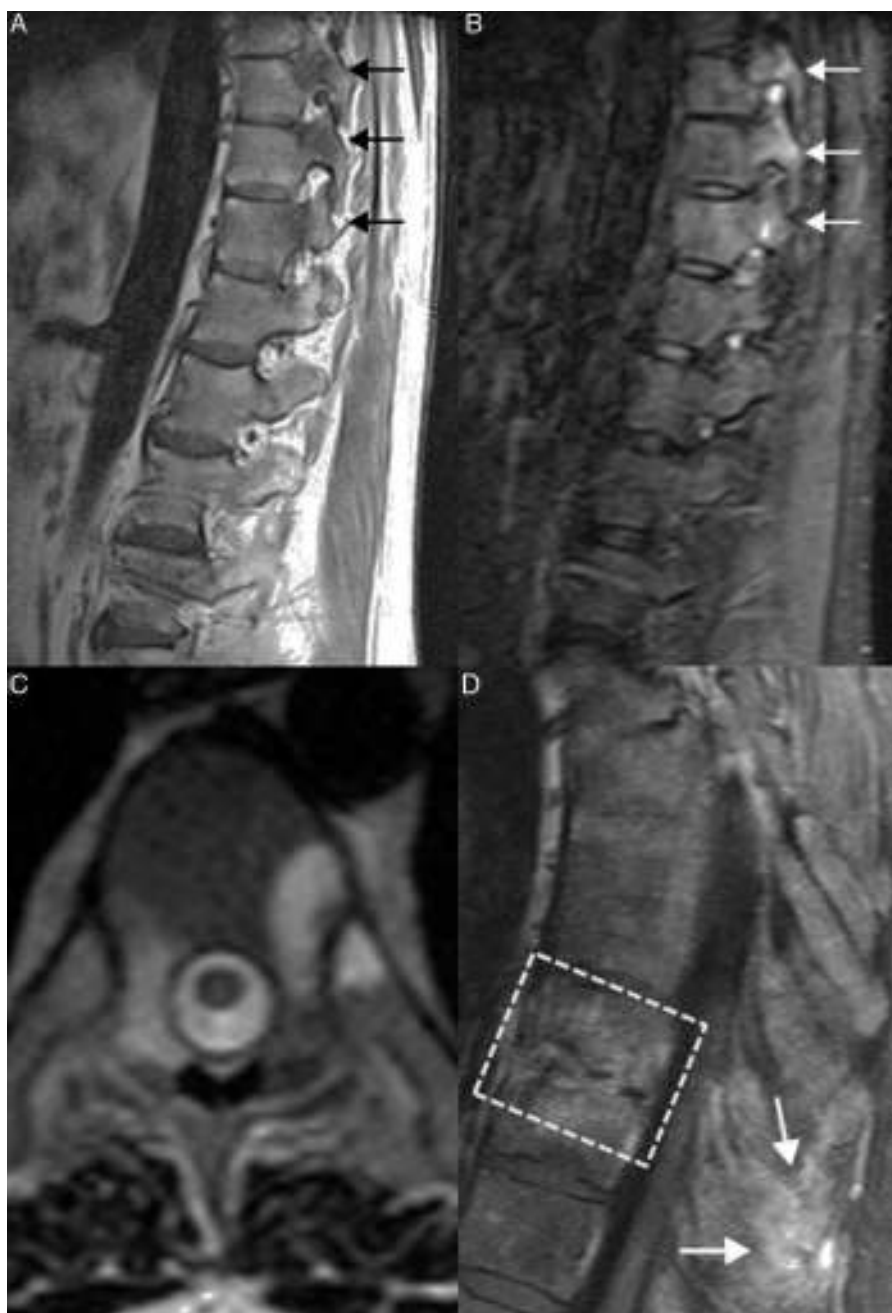


Figura 11 Lesiones inflamatorias activas. A y B) Cortes sagitales de RM en T1 y STIR que demuestran cambios de edema óseo en las apófisis articulares que corresponden a artritis de las articulaciones interapofisarias (flechas). En las esquinas anteriores vertebrales se detectan áreas de depósito de médula ósea grasa y algunos sindesmofitos. C) Corte axial de RM en T2 en el que se observan signos de artritis costovertebral bilateral, con cambios de edema óseo en las carillas articulares. D) Corte sagital de RM en secuencia T1 con supresión grasa tras administrar contraste intravenoso. Se observan signos de entesitis de los ligamentos interespinosos, en forma de captación de contraste (flechas), así como una lesión de Andersson (línea discontinua).

plataformas vertebrales, de manera análoga a lo que haría una fractura transversa sobre un hueso largo osteoporótico, que en este caso sería la rígida columna anquilosada. Es frecuente que las fracturas se extiendan al arco posterior y se comporten como fracturas de las tres columnas, inestables⁴⁴. La localización más frecuente es la columna cervical baja y la unión cervicodorsal (de C5 a D1); la

segunda localización más habitual es la unión dorsolumbar (de D10 a L2)⁴³. Las fracturas cervicales se asocian a déficit neurológico en un 50% de los casos⁴³.

El diagnóstico radiográfico es difícil, sobre todo en las fases iniciales y en especial con el antecedente de un traumatismo mínimo o ausente. La TC es la técnica de elección para el diagnóstico y el estudio de extensión



Figura 12 Cortes de RM sagital (A) y axial de la columna lumbar, y corte sagital de la columna dorsal (C), en los que se observan signos de anquilosis completa de las articulaciones interapofisarias (A y B) y anquilosis con reemplazo de los discos por señal correspondiente a médula ósea normal (C).

de estas fracturas⁴⁴, siendo especialmente útiles los reformateos sagitales y coronales (fig. 13). En la columna cervical es frecuente que se acompañen de un hematoma epidural, y en estos casos la RM permite valorar la repercusión mielorrádica⁴⁴.

No son infrecuentes el retraso diagnóstico y la evolución de estas fracturas a pseudoartrosis, con ensanchamiento del espacio discal y acusada esclerosis subcondral de las plataformas, que pueden simular una espondilodiscitis²⁶.

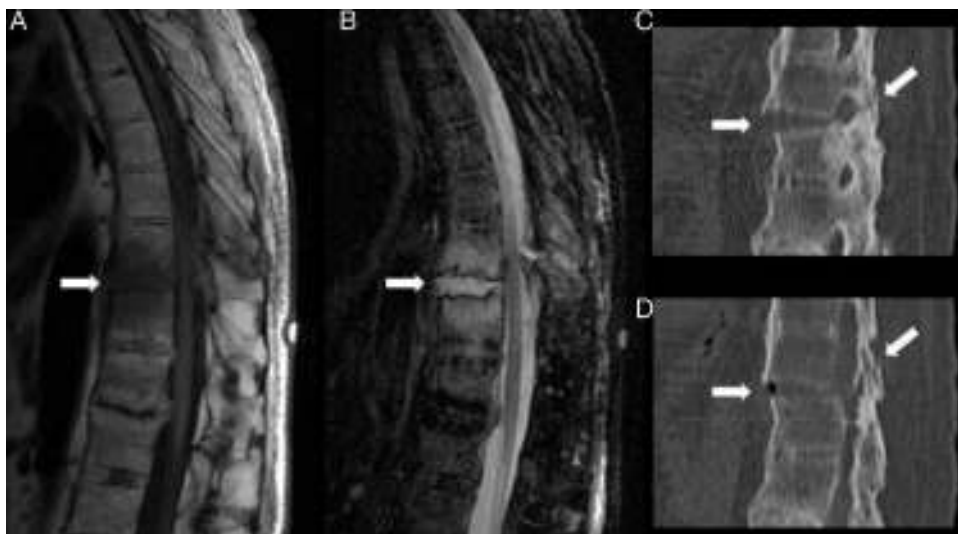


Figura 13 Cortes sagitales de RM en secuencias T1 (A) y STIR (B), y reformateos sagitales de TC (C y D), en los que se detecta una fractura transdiscal (flechas en A y B) asociada a extensos cambios de edema óseo en los cuerpos vertebrales contiguos. La fractura afecta el arco posterior, como se demuestra mejor en C y D (flechas), con moderada afectación del canal raquídeo.



Figura 14 Subluxación atloaxoidea en un paciente con artritis psoriásica. La proyección lateral muestra sindesmofitos anteriores y un aumento de la distancia atloaxoidea anterior (flecha). El reformateo sagital de TC demuestra cómo la punta de la odontoides se proyecta por encima de la línea de McRae (línea discontinua).

La inestabilidad atloaxoidea es más común en los pacientes con artritis psoriásica, en quienes, como ya se ha indicado, es característica la afectación de la columna cervical^{7,25} (fig. 14).

Conclusión

El diagnóstico de la afectación raquídea de las principales enfermedades reumatológicas, así como el de sus posibles complicaciones, se establece mediante técnicas radiológicas. Las radiografías conservan un papel en la evaluación de estos pacientes, en particular cuando se instauran cambios destructivos o reparativos, pero pueden ser normales en las fases iniciales de la enfermedad. La RM detecta los cambios inflamatorios característicos de la artritis reumatoide y de las espondiloartritis, lo que permite establecer el diagnóstico de forma precoz, ayuda en la monitorización de la eficacia del tratamiento y aporta información pronóstica, útil en la planificación de la estrategia terapéutica.

Autoría

1. Responsable de la integridad del estudio: JAN.
2. Concepción del estudio: JAN.
3. Búsqueda bibliográfica: JAN, JHG, JIK y JJSF.
4. Redacción del trabajo: JAN.
5. Revisión crítica del trabajo con aportaciones intelectualmente relevantes: JAN, JHG, JIK y JJSF.
6. Aprobación de la versión final: JAN, JHG, JIK y JJSF.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Bouchaud-Chabot A, Liote F. Cervical spine involvement in rheumatoid arthritis. A review. *Joint Bone Spine*. 2002;69:141–54.
2. Kim DH, Hilibrand AS. Rheumatoid arthritis in the cervical spine. *J Am Acad Orthop Surg*. 2005;13:463–74.
3. Neva MH, Hakkinen A, Makinen H, Hannonen P, Kauppi M, Sokka T. High prevalence of asymptomatic cervical spine subluxation in patients with rheumatoid arthritis waiting for orthopaedic surgery. *Ann Rheum Dis*. 2006;65:884–8.
4. Winfield J, Cooke D, Brook AS, Corbett M. A prospective study of the radiological changes in the cervical spine in early rheumatoid disease. *Ann Rheum Dis*. 1981;40:109–14.
5. Neva MH, Kaarela K, Kauppi M. Prevalence of radiological changes in the cervical spine - a cross sectional study after 20 years from presentation of rheumatoid arthritis. *J Rheumatol*. 2000;27:90–3.
6. Kwong Y, Rao N, Latief K. Craniometric measurements in the assessment of craniovertebral settling: are they still relevant in the age of cross-sectional imaging. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;196:W421–5.
7. Jurik AG. Imaging the spine in arthritis - a pictorial review. *Insights Imaging*. 2011;2:177–91.
8. Narvaez JA, Narvaez J, De Lama Albert D. MR imaging of early rheumatoid arthritis. *Radiographics*. 2010;30:143–63.
9. McQueen FM. Bone marrow edema and osteitis in rheumatoid arthritis: the imaging perspective. *Arthritis Res Ther*. 2012;14:224.
10. Narvaez JA, Narvaez J, de Lama Albert M, de Lama E, Serrallonga M, Nolla JM. Bone marrow edema in the cervical spine of symptomatic rheumatoid arthritis patients. *Semin Arthritis Rheum*. 2009;38:281–8.
11. Suppiah R, Doyle A, Rai R, Dalbeth N, Lobo M, Braun J, et al. Quantifying bone marrow edema in the rheumatoid cervical spine using magnetic resonance imaging. *J Rheumatol*. 2010;37:1626–32.
12. Narvaez J, Narvaez JA, Serrallonga M, de Lama E, Hernández-Gañan J, Gómez-Vaquero C, et al. Subaxial cervical spine

- involvement in symptomatic rheumatoid arthritis patients: comparison with cervical spondylosis. *Semin Arthritis Rheum.* 2015;45:9–17.
13. Cha TD, An HS. Cervical spine manifestations in patients with inflammatory arthritides. *Nat Rev Rheumatol.* 2013;9:423–32.
 14. Narvaez JA, Narvaez J, Serrallonga M, de Lama E, de Albert M, Mast R, et al. Cervical spine involvement in rheumatoid arthritis: correlation between neurological manifestations and magnetic resonance imaging findings. *Rheumatology (Oxford).* 2008;47:1814–9.
 15. Stiskal MA, Neuhold A, Szolar DH, Saeed M, Czerny C, Leeb B, et al. Rheumatoid arthritis of the craniocervical region by MR imaging: detection and characterization. *AJR Am J Roentgenol.* 1995;165:585–92.
 16. Reijnierse M, Bloem JL, Dijkmans BA, Kroon HM, Holscher HC, Hansen B, et al. The cervical spine in rheumatoid arthritis: relationship between neurologic signs and morphology of MR imaging and radiographs. *Skeletal Radiol.* 1996;25:113–8.
 17. Reijnierse M, Dijkmans BA, Hansen B, Pope TL, Kroon HM, Holscher HC, et al. Neurologic dysfunction in patients with rheumatoid arthritis of the cervical spine. Predictive value of clinical, radiographic and MR imaging parameters. *Eur Radiol.* 2001;11:467–73.
 18. Narvaez JA, Narvaez J, Roca Y, Aguilera C. MR imaging assessment of clinical problems in rheumatoid arthritis. *Eur Radiol.* 2002;12:1819–28.
 19. Sommer OJ, Kladosek A, Weiler V, Czemberek H, Boeck M, Stiskal M. Rheumatoid arthritis: a practical guide to state-of-the-art imaging, image interpretation, and clinical implications. *Radiographics.* 2005;25:381–98.
 20. Colebatch AN, Edwards CJ, Ostergaard M, van der Heijde D, Balint PV, D'Agostino MA, et al. EULAR recommendations for the use of imaging of the joints in the clinical management of rheumatoid arthritis. *Ann Rheum Dis.* 2013;72:804–14.
 21. Reijnierse M, Breedveld FC, Kroon HM, Hansen B, Pope TL, Bloem JL. Are magnetic resonance flexion views useful in evaluating the cervical spine of patients with rheumatoid arthritis. *Skeletal Radiol.* 2000;29:85–9.
 22. Braun J. Axial spondyloarthritis: thoughts about nomenclature and treatment targets. *Clin Exp Rheumatol.* 2012;30:S132–5.
 23. Baraliakos X, Hermann KG, Braun J. Imaging in axial spondyloarthritis: diagnostic problems and pitfalls. *Rheum Dis Clin North Am.* 2012;38:513–22.
 24. van der Linden S, Valkenburg HA, Cats A. Evaluation of diagnostic criteria for ankylosing spondylitis. A proposal for modification of the New York criteria. *Arthritis Rheum.* 1984;27:361–8.
 25. Bennett DL, Ohashi K, El-Khoury GY. Spondyloarthropathies: ankylosing spondylitis and psoriatic arthritis. *Radiol Clin North Am.* 2004;42:121–34.
 26. Hermann KG, Althoff CE, Schneider U, Zühlsdorf S, Lembcke A, Hamm B, et al. Spinal changes in patients with spondyloarthritis: comparison of MR imaging and radiographic appearances. *Radiographics.* 2005;25:559–69.
 27. Rudwaleit M, van der Heijde D, Landewé R, Akkoc N, Brandt J, Chou CT, et al. The Assessment of SpondyloArthritis International Society classification criteria for peripheral spondyloarthritis and for spondyloarthritis in general. *Ann Rheum Dis.* 2011;70:25–31.
 28. Rudwaleit M. New approaches to diagnosis and classification of axial and peripheral spondyloarthritis. *Curr Opin Rheumatol.* 2010;22:375–80.
 29. Narvaez JA, Bueno Horcajadas A, de Miguel Mendieta E, Sanz Sanz J. Guidelines for magnetic resonance imaging in axial spondyloarthritis: a Delphi study. *Radiologia.* 2015;57:512–22.
 30. Kim NR, Choi JY, Hong SH, Jun WS, Lee JW, Choi JA, et al. MR corner sign: value for predicting presence of ankylosing spondylitis. *AJR Am J Roentgenol.* 2008;191:124–8.
 31. Sieper J, Rudwaleit M, Baraliakos X, Brandt J, Braun J, Burgos-Vargas R, et al. The Assessment of SpondyloArthritis international Society (ASAS) handbook: a guide to assess spondyloarthritis. *Ann Rheum Dis.* 2009;68 Suppl 2:iii1–44.
 32. Canella C, Schau B, Ribeiro E, Sbaffi B, Marchiori E. MRI in seronegative spondyloarthritis: imaging features and differential diagnosis in the spine and sacroiliac joints. *AJR Am J Roentgenol.* 2013;200:149–57.
 33. Lambert RG, Dhillon SS, Jaremko JL. Advanced imaging of the axial skeleton in spondyloarthropathy: techniques, interpretation, and utility. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2012;16:389–400.
 34. Bennett AN, Rehman A, Hensor EM, Marzo-Ortega H, Emery P, McGonagle D. The fatty Romanus lesion: a non-inflammatory spinal MRI lesion specific for axial spondyloarthropathy. *Ann Rheum Dis.* 2010;69:891–4.
 35. Hermann KG, Baraliakos X, van der Heijde DM, Jurik AG, Landewé R, Marzo-Ortega H, et al. Descriptions of spinal MRI lesions and definition of a positive MRI of the spine in axial spondyloarthritis: a consensual approach by the ASAS/OMERACT MRI study group. *Ann Rheum Dis.* 2012;71:1278–88.
 36. Baraliakos X, Landewé R, Hermann KG, Listing J, Golder W, Brandt J, et al. Inflammation in ankylosing spondylitis: a systematic description of the extent and frequency of acute spinal changes using magnetic resonance imaging. *Ann Rheum Dis.* 2005;64:730–4.
 37. Weber U, Hodler J, Kubik RA, Rufibach K, Lambert RG, Kissling RO, et al. Sensitivity and specificity of spinal inflammatory lesions assessed by whole-body magnetic resonance imaging in patients with ankylosing spondylitis or recent-onset inflammatory back pain. *Arthritis Rheum.* 2009;61:900–8.
 38. Baraliakos X, Listing J, Rudwaleit M, Sieper J, Braun J. The relationship between inflammation and new bone formation in patients with ankylosing spondylitis. *Arthritis Res Ther.* 2008;10:R104.
 39. Maksymowych WP, Chiowchanwisawakit P, Clare T, Pedersen SJ, Ostergaard M, Lambert RG. Inflammatory lesions of the spine on magnetic resonance imaging predict the development of new syndesmophytes in ankylosing spondylitis: evidence of a relationship between inflammation and new bone formation. *Arthritis Rheum.* 2009;60:93–102.
 40. Pedersen SJ, Chiowchanwisawakit P, Lambert RG, Ostergaard M, Maksymowych WP. Resolution of inflammation following treatment of ankylosing spondylitis is associated with new bone formation. *J Rheumatol.* 2011;38:1349–54.
 41. Chiowchanwisawakit P, Lambert RG, Conner-Spady B, Maksymowych WP. Focal fat lesions at vertebral corners on magnetic resonance imaging predict the development of new syndesmophytes in ankylosing spondylitis. *Arthritis Rheum.* 2011;63:2215–25.
 42. Rudwaleit M, Schwarzlose S, Hilgert ES, Listing J, Braun J, Sieper J. MRI in predicting a major clinical response to anti-tumour necrosis factor treatment in ankylosing spondylitis. *Ann Rheum Dis.* 2008;67:1276–81.
 43. Lu ML, Tsai TT, Lai PL, Fu TS, Niu CC, Chen LH, et al. A retrospective study of treating thoracolumbar spine fractures in ankylosing spondylitis. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2014;24 Suppl 1:S117–23.
 44. Campagna R, Pessis E, Feydy A, Guerini H, Thévenin F, Chevrot A, et al. Fractures of the ankylosed spine: MDCT and MRI with emphasis on individual anatomic spinal structures. *AJR Am J Roentgenol.* 2009;192:987–95.