

Evaluación por imágenes de la patología calcificante y osificante de la columna cérvico - dorsal

Imaging assessment of calcifying and ossifying pathology of the cervico-dorsal spine

Camila de la Barra¹, Consuelo Gatica¹, Fernanda Blaskovic², María Francesca Castoldi¹, Holvis Dellien¹

¹Médico Radiólogo, Departamento de Imágenes, Facultad de Medicina Clínica Alemana-Universidad del Desarrollo. Santiago, Chile.

²Residente de Radiología, Departamento de Imágenes, Facultad de Medicina, Clínica Alemana de Santiago, Universidad del Desarrollo. Santiago, Chile.

Resumen

El aumento en la disponibilidad de estudios imagenológicos ha permitido evaluar una mayor cantidad de pacientes que consultan por cérvico-dorsalgia. Esto ha resultado en un aumento en el diagnóstico de patología calcificante y osificante espinal. En este artículo revisaremos las imágenes características de este espectro de trastornos, incluyendo la espondilitis anquilosante, discitis cálcica, tendinopatía calcificante del *longus colli*, la enfermedad por depósito de pirofosfato de calcio, síndrome de la apófisis odontoides coronada e hiperostosis esquelética idiopática difusa. Es relevante conocer estas condiciones para distinguir las de otras patologías inflamatorias-infecciosas, degenerativas y tumorales que pueden tener cursos clínicos e imágenes similares, con el fin de evitar diagnósticos errados y procedimientos invasivos innecesarios.

Palabras clave: Calcificación, osificación, columna vertebral, tomografía computada, resonancia magnética.

Abstract

The increase in the availability of imaging studies has made it possible to evaluate a greater number of patients consulting for cervical-dorsalgia. This has resulted in an increase in the diagnosis of spinal calcifying and ossifying pathologies. In this article, we review the characteristic imaging findings of various disorders within this spectrum, such as ankylosing spondylitis, calcific discitis, calcifying tendinopathy of the longus colli, calcium pyrophosphate deposition disease, crowned dens syndrome, and diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. Awareness of these pathologies is relevant to make an adequate differential diagnosis, distinguishing them from other inflammatory-infectious, degenerative, and tumor pathologies that may have similar clinical presentations and imaging findings, in order to avoid misdiagnoses and unnecessary invasive procedures.

Keywords: Calcification, ossification, spine, computed tomography, magnetic resonance.

Conflicto de intereses: Los autores no declaran ningún conflicto de interés.

Financiamiento: La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro".

Correspondencia a:

Camila de la Barra
camidlb@gmail.com

Introducción

En las últimas décadas, junto con el aumento de la disponibilidad de imágenes de la columna espinal, ha aumentado la detección de los trastornos calcificantes y osificantes de la columna. Estas patologías representan un conjunto variado y heterogéneo de trastornos caracterizados por depósito de cristales de calcio y osificaciones heterotópicas. Es importante conocer estas entidades y diferenciarlas de otras condiciones inflamatorias-infecciosas, degenerativas y neoplásicas, a fin de evitar procedimientos invasivos innecesarios y tratamientos inadecuados.

Este artículo tiene como objetivo principal revisar las patologías calcificantes y osificantes de la columna cervico-dorsal, describiendo el conocimiento actual respecto a la etiología y fisiopatología de estos trastornos. Asimismo, se describirán y esquematizarán los principales hallazgos imagenológicos basados en casos registrados en nuestra institución.

Discitis calcificante

La discitis calcificante es una patología benigna que implica el depósito de calcio dentro del núcleo pulposo en, al menos, un disco intervertebral. Este trastorno poco común afecta predominantemente a niños, con menos de 200 casos reportados en la literatura¹ y aún menos casos reportados en adultos². Se desconoce la etiología de la discitis calcificante, sin embargo, Swischuk et al., proponen que la interrupción

del suministro de sangre al disco intervertebral secundario a traumatismo, infección o vasculitis puede causar edema, necrosis y, posteriormente, calcificación del núcleo pulposo³. La discitis calcificante debe distinguirse de la calcificación del anillo fibroso, que puede ocurrir secundaria a condiciones metabólicas, como la ocronosis, hiperparatiroidismo o hemocromatosis⁴ que quedan fuera del alcance de este texto. Aunque la mayoría de los casos de discitis calcificante se encuentran incidentalmente en estudios realizados por otros motivos, algunos pacientes pueden presentar dorsalgia, febrícula, leucocitosis, espasmo muscular y torticolis. Además, se puede asociar a hernias discales, las cuales pueden provocar mielopatía o radiculopatía aguda (Figura 1). El uso de analgésicos y antiinflamatorios permite controlar los síntomas en unos pocos días, mientras que las alteraciones imagenológicas remiten en forma espontánea en aproximadamente 6 meses.

La resonancia magnética (RM) es la técnica de imagen de elección en aquellos pacientes que presentan síntomas neurológicos o dolor ya que, además, de proporcionar evidencia de compresión del cordón medular o radicular, puede mostrar focos de baja señal en secuencias T1 y T2 que representan las calcificaciones en el interior del núcleo pulposo. Así mismo, también permite objetivar edema en los cuerpos vertebrales y/o las partes blandas paravertebrales adyacentes al disco comprometido, más evidente en la secuencia STIR (Figura 2). La tomografía computada (TC) permitirá confirmar la presencia de calcificaciones en el espesor del núcleo pulposo.



Figura 1. Paciente mujer de 14 años, consulta por paraparesia progresiva. A) T1 sagital de RM de columna dorsal demuestra pérdida de altura del disco D7-D8 (flecha) con área marcadamente hipointensa intradiscal; B) Secuencia T2 sagital muestra disminución de la señal del disco lo que se acompaña de una protrusión central posterior hipointensa (flecha); C) La TC de columna dorsal confirma la presencia de calcificaciones en el núcleo pulposo con protrusión de un componente intrarraquídeo (flecha).



Figura 2.1. Paciente mujer de 53 años, consulta por dorsalgia severa de inicio agudo. A) RM de la columna dorsal en secuencia T1 muestra marcada hipointensidad del cuerpo vertebral D10; B) Secuencia T2 STIR demuestra edema del cuerpo vertebral y del tejido blando prevertebral (flecha discontinua). Las flechas continuas indican un tejido de baja señal en el espesor del disco D10-D11 en ambas secuencias; C) La TC de columna dorsal confirma la presencia de una calcificación gruesa intradiscal y migrada a la plataforma inferior D10.

Tendinopatía cálcica del *longus colli*

La fisiopatología de la tendinopatía cálcica del *longus colli* se caracteriza por el depósito de cristales de hidroxapatita de calcio debajo de la inserción tendinosa del músculo largo del cuello⁵. Se ha planteado que puede ser causada por traumatismo, infección, degeneración tendinosa o necrosis que termina por desencadenar el depósito de calcio y posterior inflamación. Clínicamente, se puede presentar como cervicalgia aguda o subaguda, tortícolis, odinofagia, febrícula y leucocitosis leve, por lo que puede confundirse con otros diagnósticos diferenciales (p. ej., absceso retrofaríngeo).

La TC es la técnica más sensible para diagnosticar esta entidad. Las imágenes de la TC normalmente mostrarán aumento de volumen de las partes blandas prevertebrales y cierto grado de calcificación en el espesor del tendón del largo del cuello. La alta sensibilidad de la TC para detectar calcificaciones sutiles a lo largo del tendón permite diferenciar esta patología de otras condiciones que pueden presentarse

con síntomas similares, como lo es el absceso retrofaríngeo. Aunque las imágenes por RM pueden mostrar con mayor facilidad el edema en las partes blandas perivertebrales, su rendimiento es menor para la detección de depósitos calcificados (Figura 3)⁶. Esta es una enfermedad autolimitada y, generalmente, se resuelve dentro de una semana con medicamentos antiinflamatorios no esteroidales.

Debe recordarse que

Los cristales de hidroxapatita de calcio pueden depositarse en otras estructuras tendinosas, siendo lo más frecuente el manguito de los rotadores, sin embargo, pueden llegar a identificarse en casi cualquier estructura tendinosa (Figura 4).

Síndrome de la apófisis odontoides coronada

El síndrome de la apófisis odontoides coronada es un tipo inusual de enfermedad por depósito de cristales que implica el depósito de calcio en el área periodontoidea. El término

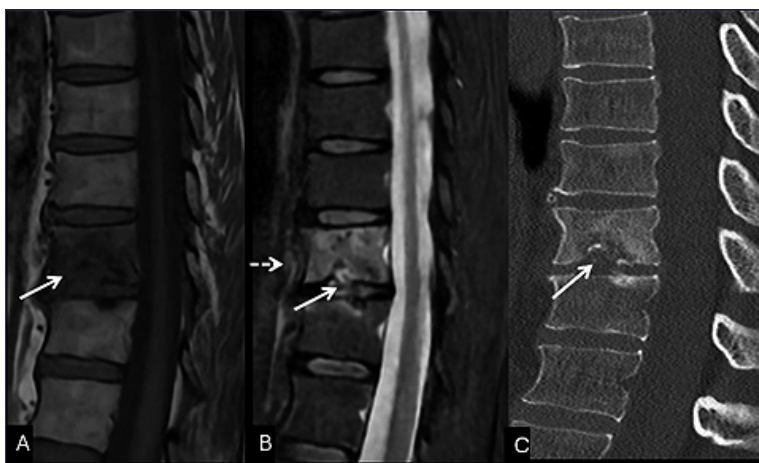


Figura 2.2. Se realiza seguimiento y control con imágenes a las 6 semanas de evolución. A) RM de columna dorsal en secuencia T1 con regresión de la alteración de la señal de la médula ósea vertebral; B) T2 STIR muestra disminución del edema prevertebral (flecha discontinua); C) TC de columna dorsal demuestra reabsorción casi completa de la calcificación intradiscal identificada en el control previo (flecha continua).

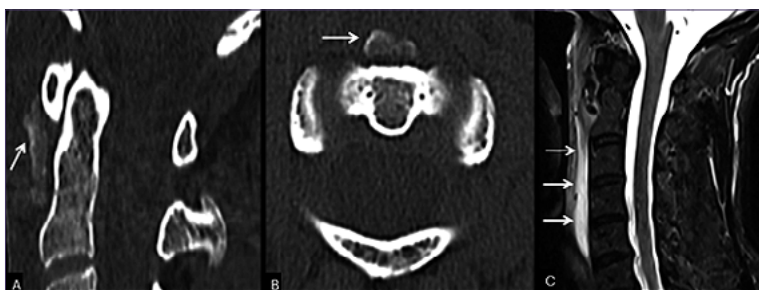


Figura 3. Paciente mujer de 61 años consulta por odinofagia severa y cervicalgia, los hallazgos por TC son compatibles con una tendinopatía cálcica del *longus colli*. A y B) Reconstrucción sagital e imagen axial de la TC de columna cervical, demuestran una gruesa calcificación amorfa en el aspecto anterior C1-C2 por debajo del atlas; C) RM de columna cervical de la misma paciente en secuencia T2/STIR sagital muestra extenso edema prevertebral.

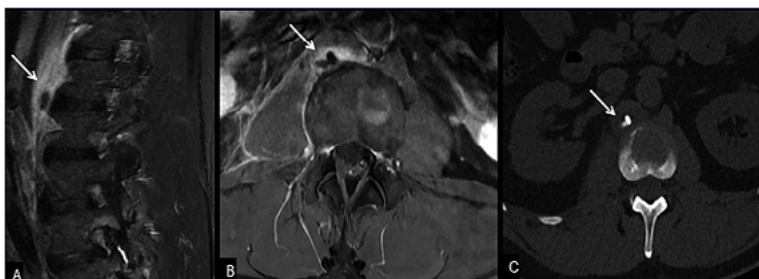


Figura 4. Paciente masculino de 56 años consulta en el servicio de urgencia por lumbalgia, se sospecha cólico renal con Pielografía normal. Se complementa el estudio con RM de columna lumbar. A). Secuencia T2/STIR sagital muestra aumento de la señal de la crura diafragmática derecha con una imagen hipointensa en su espesor (flecha); B. Secuencia T1 con contraste axial muestra marcado realce muscular adyacente (flecha); C. En una imagen axial de la Pielografía realizada confirma el depósito de una gruesa calcificación en la crura diafragmática derecha.



Figura 5. Paciente masculino de 55 años que consulta por cervicalgia de larga evolución, presenta hallazgos compatibles con síndrome de la apófisis odontoidea coronada y patología calcificante del *longus colli*. A) TC de columna cervical en reconstrucción sagital muestra depósitos de calcio en el ligamento apical (flecha); B y C) En corte coronal y axial se identifican calcificaciones en los ligamentos alares (flechas), se asocia a fenómenos artrósicos caracterizados por disminución del espacio articular y proliferación osteofítica.

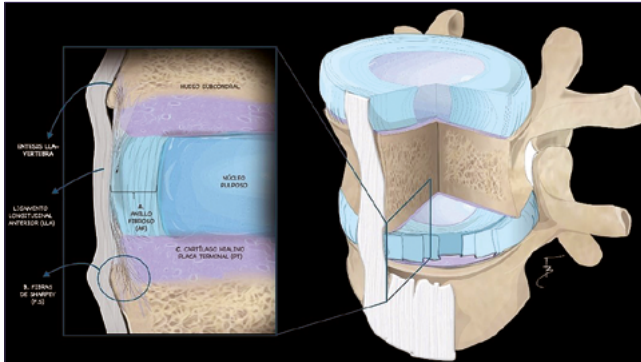


Figura 6. Ilustración anatómica de las estructuras disco-ligamentarias normales representadas de forma esquemática.

“diente coronado” deriva del patrón en forma de corona en el que se disponen las calcificaciones alrededor de la apófisis odontoidea. El síndrome de la apófisis odontoidea coronada es, típicamente, idiopático, pero puede precipitarse por trastornos metabólicos, como hiperparatiroidismo, hipomagnesemia o hemocromatosis⁷. Esta patología suele ir acompañada de otras calcificaciones adyacentes y se cree que existe una estrecha asociación con el depósito de hidroxapatita cálcica y la enfermedad por depósito de pirofosfato de calcio (CPPD)⁸. Aunque algunos pacientes se presentan con cervicalgia aguda, rigidez, déficits neurológicos y fiebre, casi la mitad suelen ser asintomáticos.

La TC es la técnica más útil para detectar calcificaciones periodontoideas. Las imágenes suelen demostrar finas calcificaciones lineales o punteadas a lo largo de los ligamentos transverso y alar (Figura 5). Debido a la estrecha asociación con la CPPD y el depósito de hidroxapatita cálcica, se pueden encontrar calcificaciones en otras áreas de la región cervical, como el tendón del largo del cuello o ligamentos amarillos. La RM de columna cervical puede ser útil en la evaluación de eventual compresión de la médula espinal, el edema de la médula ósea y/o de los tejidos blandos circundantes⁹.

Hiperostosis esquelética idiopática difusa (DISH)

DISH es una entesopatía degenerativa caracterizada por la osificación de las inserciones ligamentosas y tendinosas de la columna vertebral, afectando en modo principal el ligamento longitudinal anterior (Figura 6 y 7). El trastorno fue descrito por primera vez en 1938 por Meyer y Forester como “hiperostosis moniliforme” y, posteriormente, Resnick et al.¹⁰, le dieron el término “hiperostosis esquelética idiopática difusa”

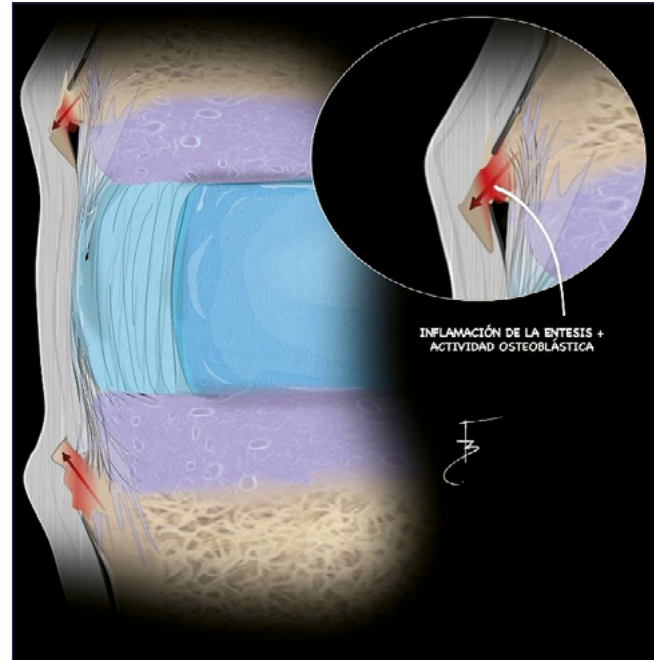


Figura 7. Ilustración anatómica que esquematiza la fisiopatología de los entesofitos, propios de la enfermedad de DISH.

en 1975¹¹. El trastorno afecta a hombres con más frecuencia que a mujeres, mayores de 50 años con una preferencia racial por afroamericanos, nativos americanos y asiáticos. Las lesiones traumáticas, infecciones y la predisposición genética se encuentran relacionadas con la patogénesis del DISH, pero no se ha identificado ningún mecanismo claro. Las manifestaciones clínicas de DISH no son específicas y, comúnmente, incluyen rigidez de la columna, disminución de la movilidad y dorsalgia. Con menos frecuencia, los pacientes con enfermedad avanzada pueden presentar disfagia por compresión esofágica, síntomas neurológicos y fracturas inestables de la columna que pueden requerir una intervención quirúrgica.

Las imágenes muestran la entesopatía osificante que subyace a este trastorno. Se requieren tres criterios radiológicos característicos para el diagnóstico de DISH. En primer lugar, la radiografía de columna o la TC muestran la formación de entesofitos paravertebrales en los márgenes anterolaterales de, al menos, 4 cuerpos vertebrales contiguos. En segundo lugar, existe una relativa conservación de la altura de los discos intervertebrales, con ausencia de enfermedad degenerativa discal. En tercer lugar, hay ausencia de anquilosis en



Figura 8. Paciente masculino de 68 años consulta en el servicio de urgencia por trauma cráneo - cervical. A) Imagen sagital de la TC de columna cervical muestra extensa osificación del ligamento longitudinal anterior con las características de un DISH. Se reconoce discontinuidad del entesofito C3-C4 (flecha continua) y, de forma menos evidente, en C7-D1 (flecha discontinua); B) RM de columna cervical en secuencia T2 STIR confirma la fractura aguda de ambos entesofitos, lo que se acompaña de compromiso discal anterior.

las articulaciones interapofisarias. La osificación compromete el ligamento longitudinal anterior, el anillo fibroso y el tejido conectivo adyacente, los que pueden llegar a fusionarse conformando puentes óseos que se denominan “pseudosindesmofitos”.

Las columnas torácica media y cervical inferior son las que se encuentran más comúnmente afectadas, sin embargo, esta patología puede ocurrir en cualquier segmento de la columna vertebral¹². La anquilosis espinal en DISH deja la columna susceptible a fracturas patológicas. La anatomía distorsionada, la mala calidad ósea y la presencia de comorbilidades en pacientes con DISH puede hacer difícil el diagnóstico de fracturas en las radiografías y en la TC. La RM puede ser útil en estos casos puesto que demuestra el edema óseo permitiendo identificar una fractura reciente (Figura 8).

Debe recordarse que

Las patologías anquilosantes vertebrales determinan que la columna sea susceptible a fracturas, por lo que es muy importante evaluar ciertos signos claves, como el ensanchamiento del espacio discal intervertebral y la discontinuidad de los entesofitos.

Espondilitis anquilosante

La espondilitis anquilosante (EA) es la más común y severa entidad del grupo de trastornos inflamatorios denominados “pelviespondilopatías”, los cuales también incluyen a la artritis reactiva, artritis psoriásica y enfermedad inflamatoria intestinal. La fisiopatología de la mayoría de las pelviespondilopatías se caracteriza por inflamación y daño estructural en el esqueleto¹³. Aunque la patogénesis exacta de la EA no es completamente clara, la inflamación crónica y la formación de hueso nuevo son factores importantes en la sintomatología y evolución de la enfermedad¹⁴. El antígeno leucocitario B27 se asocia comúnmente con EA y todas las demás pelviespondilopatías. Es, predominantemente, una enfermedad de hombres jóvenes menores de 40 años del norte de Europa. Algunos investigadores estiman que la prevalencia de EA en

los países occidentales está cerca del 1%¹⁵. Clínicamente, la EA se presenta de forma insidiosa, con historia de rigidez matutina en la zona lumbar que mejora con movimiento y ejercicio.

En cuanto a su evaluación imagenológica, si bien los hallazgos clásicamente descritos son la anquilosis de la columna vertebral con morfología en “caña de bambú” y cambios inflamatorios con anquilosis de las articulaciones sacroilíacas, estos corresponden a hallazgos tardíos que representan una enfermedad avanzada (Figura 9)¹⁶.

La evidencia reciente respalda el uso de RM para la detección temprana de EA antes de que se desarrolle proliferación ósea¹⁷. La presencia de lesiones hipointensas en el borde de la plataforma vertebral a nivel del punto de unión del anillo fibroso al cuerpo vertebral en secuencias potenciadas en T1, se denomina lesión de Romanus y se encuentra de forma precoz en el curso de la enfermedad. Debido a que estas lesiones representan inflamación con cambios en la médula ósea y osteítis aparecen hiperintensos en secuencias potenciadas en T2. En respuesta al proceso inflamatorio se puede reconocer esclerosis reparativa en la TC y radiografía convencional, los que se denominan “shiny corners” (Figura 10). De manera similar, la inflamación temprana de los discos intervertebrales que compromete las plataformas vertebrales adyacentes, forma lesiones de morfología hemisférica hipointensas en secuencias potenciadas en T1 e hiperintensas T2, las que se denominan lesiones de Anderson¹⁸. Estas lesiones son un tipo de espondilodiscitis no infecciosa y pueden confundirse fácilmente con una espondilodiscitis infecciosa, por lo que el diagnóstico diferencial se deberá determinar considerando los demás hallazgos imagenológicos y la presentación clínica del paciente¹⁹. Dada la anquilosis vertebral con consecuente disminución de la flexibilidad, al igual que en casos de DISH, un mínimo trauma puede provocar fracturas inestables de la columna, las que deben ser buscadas de forma dirigida.

Dentro de los diagnósticos diferenciales más comunes de la columna anquilosada se incluye el DISH y la osteofitosis degenerativa; ambos implican la formación de osificaciones

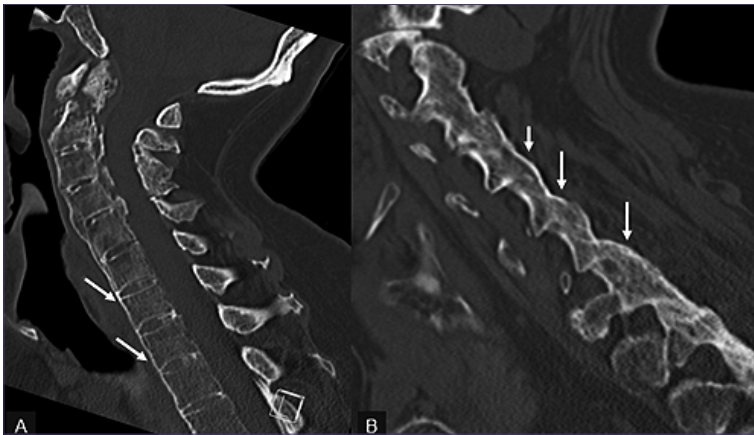


Figura 9. Paciente masculino de 46 años consulta en el servicio de urgencia por trauma cráneo - cervical. A) Imagen sagital de la TC de columna cervical muestra sindesmofitos (fechas blancas) que determinan morfología en “caña de bambú” característica de EA avanzada; B) Corte sagital a nivel de las articulaciones facetarias demostrando anquilosis (fechas).



Figura 10. Paciente masculino de 48 años que consulta por dorso-lumbalgia. A) TC de columnas dorsal y lumbar muestra leve esclerosis en el aspecto anterior de las plataformas vertebrales de la columna dorsal con el aspecto de “shiny corners” y el desarrollo de incipientes sindesmofitos (flechas); B y C, RM de columna lumbar secuencia T2 y T1 respectivamente, muestran alta señal de las esquinas anteriores de prácticamente todos los cuerpos vertebrales dorsales y lumbares compatible con lesiones de “Romanus” (flechas).

heterotópicas que pueden tener un aspecto similar al sindesmofito de la EA, sin embargo, el reconocimiento adecuado de las estructuras que se encuentran comprometidas ayudará a orientar el diagnóstico diferencial (Figura 11). Se debe recordar que los osteofitos corresponden a excrecencias óseas formadas por la osificación de las fibras de Sharpey, las que se desarrollan con mayor frecuencia en los márgenes de una articulación sinovial como respuesta al daño del cartílago articular (Figura 12). Habitualmente, protruyen de forma perpendicular al eje de la columna. Por otro lado, los entesofitos, son proliferaciones óseas que se desarrollan en una entesis, es decir, en la unión de un ligamento o tendón al hueso, estos son característicos del DISH. Por último, los sindesmofitos corresponden a la osificación de las fibras externas del anillo fibroso del disco intervertebral, son excrecencias óseas finas y verticales que se extiende entre un cuerpo vertebral y el siguiente²⁰ (Figura 13). La EA, clásicamente, muestra sindesmofitos marginales simétricos.

Otro elemento distintivo de la EA es el compromiso de las articulaciones interposiarias y costovertebrales con posterior anquilosis, las que se encuentran respetadas en el DISH.

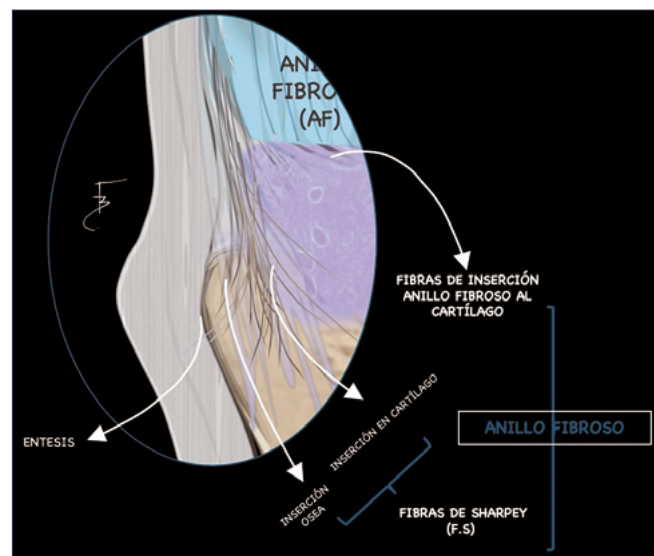


Figura 11. Ilustración anatómica que esquematiza las inserciones normales entre las distintas estructuras.

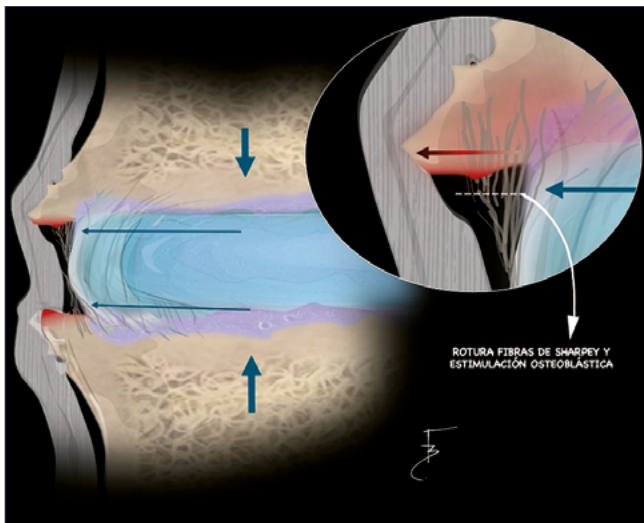


Figura 12. Ilustración anatómica que esquematiza la fisiopatología de las proliferaciones osteofíticas.

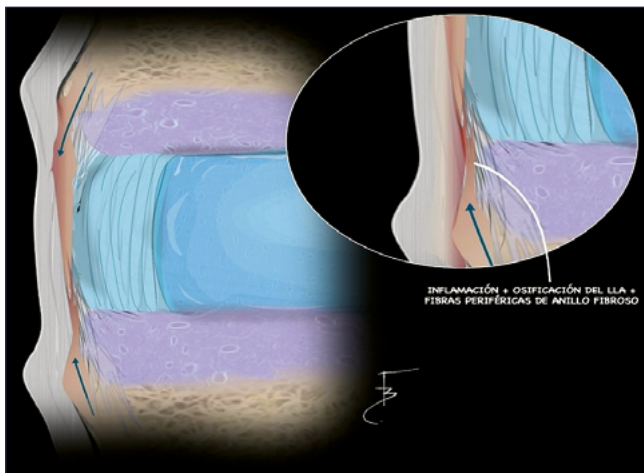


Figura 13. Ilustración anatómica que esquematiza la fisiopatología en el desarrollo de los sindesmofitos propios de la espondilitis anquilosante.

Debe recordarse que

Los hallazgos imagenológicos clásicamente descritos en EA, como la columna en “caña de bambú” y la anquilosis sacroilíaca son visibles en fases tardías y representan un estado avanzado de la enfermedad.

Osificación del ligamento longitudinal posterior (OPLL)

El ligamento longitudinal posterior es una banda continua de tejido conectivo que discurre posterior a las vértebras desde el nivel cervical hasta el sacro. La OPLL afecta con mayor frecuencia la columna cervical²¹. Es dos veces más común en hombres que en mujeres y tiene una incidencia reportada de 2,4% en poblaciones de Asia Oriental en comparación con 0,16% en poblaciones no asiáticas²². La OPLL puede estrechar el canal espinal y comprimir la médula espinal en fases avanzadas. La progresión de la enfermedad es mayor

en el primer año en aquellos pacientes con edades por sobre los 50 años en el momento del diagnóstico.

Hay 4 patrones de presentación para OPLL descritos en la literatura, dependiendo de la osificación observada en la TC: 1) “patrón continuo” representa una única banda continua de ligamento osificado que se extiende en más de 2 vértebras; 2) “patrón segmentario” representa la osificación del ligamento longitudinal posterior en múltiples vértebras sin conexiones entre cada nivel de osificación; 3) “patrón mixto” representa un continuo patrón con osificación aislada en niveles separados; y 4) “patrón localizado” representa la osificación en un solo nivel vertebral²³.

Debe recordarse que

Existen distintos tipos de osificaciones heterotópicas, su ubicación permite orientar el diagnóstico diferencial.

Conclusión

Las lesiones calcificantes y osificantes de la columna representan un espectro variado de enfermedades, algunas comunes y otras menos frecuentes, que se manifiestan como patrones radiográficos con distinta relevancia clínica. Con el uso cada vez mayor de imágenes de la columna, resulta esencial que tanto radiólogos como médicos clínicos reconozcan estos trastornos debido a sus implicancias diagnósticas y terapéuticas. A pesar de una comprensión incompleta de los mecanismos que causan estas enfermedades, es posible guiar el diagnóstico en base a la ubicación de las calcificaciones y osificaciones heterotópicas. En la mayoría de los trastornos presentados en esta revisión, la TC es muy útil para confirmar la presencia de calcificaciones, mientras que la RM permite una mejor evaluación de tejidos blandos y del compromiso secundario de elementos neurales.

Referencias

1. Sieroń D, Gruszczynska K, Machnikowska-Sokołowska M, Olczak Z, Knap D, Baron J. Intervertebral disc calcification in children: Case description and review of relevant literature. *Pol J Radiol.* 2013;78(1):78-80. doi:10.12659/PJR.883773
2. Azizaddini S, Arefanian S, Redjal N, Walcott BP, Mollahoseini R. Adult acute calcific discitis confined to the nucleus pulposus in the cervical spine: case report. *J Neurosurg Spine.* 2013;19(2):170-173. doi:10.3171/2013.4.SPINE12906
3. Swischuk LE, Jubang M, Jadhav SP. Calcific discitis in children: vertebral body involvement (possible insight into etiology). *Emerg Radiol.* 2008;15(6):427-430. doi:10.1007/s10140-008-0739-9
4. Bywaters EG, Hamilton EB, Williams R. The spine in idiopathic haemochromatosis. *Ann Rheum Dis.* 1971;30(5):453-465. doi:10.1136/ard.30.5.453
5. Zibis AH, Giannis D, Malizos KN, Kitsioulis P, Arvanitis DL. Acute calcific tendinitis of the longus colli muscle: case report and review of the literature. *Eur Spine J.* 2013;22 Suppl 3(Suppl 3):S434-S438. doi:10.1007/s00586-012-2584-5
6. Qureshi PAAA, Bollason G, Ágústsson KL. Acute Calcific Tendinitis of the Longus Colli Muscles: An Entity That Should Be

- Known by Emergency Radiologists. *Cureus*. 2022;14(5):e25518. Published 2022 May 31. doi:10.7759/cureus.25518
7. Siau K, Lee M, Laversuch CJ. Acute pseudogout of the neck-the crowned dens syndrome: 2 case reports and review of the literature. *Rheumatol Int*. 2011;31(1):85-88. doi:10.1007/s00296-009-1145-7
 8. Goto S, Umehara J, Aizawa T, Kokubun S. Crowned Dens syndrome. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(12):2732-2736. doi:10.2106/JBJS.F.01322
 9. Lee GS, Kim RS, Park HK, Chang JC. Crowned dens syndrome: a case report and review of the literature. *Korean J Spine*. 2014;11(1):15-17. doi:10.14245/kjs.2014.11.1.15
 10. Meyer M, Forester E. Considerations pathogeniques sur l'hyperostose moniliforme du flanc droit de la colonne dorsale. *Rev Rhum Mal Osteoartic*. 1938;5:286-293
 11. Resnick D, Shaul SR, Robins JM. Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH): Forestier's disease with extraspinal manifestations. *Radiology*. 1975;115(3):513-524. doi:10.1148/15.3.513
 12. Cammisia M, De Serio A, Guglielmi G. Diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. *Eur J Radiol*. 1998;27 Suppl 1:S7-S11. doi:10.1016/s0720-048x(98)00036-9
 13. Sieper J, Rudwaleit M, Khan MA, Braun J. Concepts and epidemiology of spondyloarthritis. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2006;20(3):401-417. doi:10.1016/j.berh.2006.02.001
 14. Lories RJ, Schett G. Pathophysiology of new bone formation and ankylosis in spondyloarthritis. *Rheum Dis Clin North Am*. 2012;38(3):555-567. doi:10.1016/j.rdc.2012.08.003
 15. Dillon CF, Hirsch R. The United States National Health and Nutrition Examination Survey and the epidemiology of ankylosing spondylitis. *Am J Med Sci*. 2011;341(4):281-283. doi:10.1097/MAJ.0b013e31820f8c83
 16. Braun J, Sieper J. Ankylosing spondylitis. *Lancet*. 2007;369(9570):1379-1390. doi:10.1016/S0140-6736(07)60635-7
 17. Van Der Heijde D, Landewe RBM. Use of Imaging as an Outcome Measure in Rheumatoid Arthritis, Psoriatic, Arthritis, and Ankylosing Spondylitis in Clinical Trials. In: Hochberg M, Silman A, Smolen J, et al. *Rheumatology*. 7 ed. Mosby; 2019:392-398 (chap 50).
 18. Hermann KG, Althoff CE, Schneider U, et al. Spinal changes in patients with spondyloarthritis: comparison of MR imaging and radiographic appearances. *Radiographics*. 2005;25(3):559-570. doi:10.1148/rg.253045117
 19. 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(1):149-157. doi:10.2214/AJR.12.8858
 20. Vallés-Arnonen A, Tejera-Segura B, Pérez-Andrés R. 2010. Los "fitos" de la columna [Phytes of the spine]. *Semin Fund Esp Reumatol*. 11:43-48. doi: 10.1016/j.semreu.2010.02.004
 21. Saetia K, Cho D, Lee S, Kim DH, Kim SD. Ossification of the posterior longitudinal ligament: a review. *Neurosurg Focus*. 2011;30(3):E1. doi:10.3171/2010.11.focus10276
 22. Sohn S, Chung CK, Yun TJ, Sohn CH. Epidemiological survey of ossification of the posterior longitudinal ligament in an adult Korean population: three-dimensional computed tomographic observation of 3,240 cases. *Calcif Tissue Int*. 2014;94(6):613-620. doi:10.1007/s00223-014-9846-7
 23. Ikegawa S. Genetics of ossification of the posterior longitudinal ligament of the spine: a mini review. *J Bone Metab*. 2014;21(2):127-132. doi:10.11005/jbm.2014.21.2.127