

Revista Ecuatoriana de Ortopedia y Traumatología



ABC de la enfermedad degenerativa de la columna

Autores: Sergiy V. Kushchayev, Tetiana Glushko, Mohamed Jarraya, Karl H. Schuleri,
Mark C. Preul, Michael L. Brooks, Oleg M. Teytelboym



Revista Ecuatoriana de Ortopedia y Traumatología

www.seot.com



Tema de actualización: Carta introductoria

ABC de la enfermedad degenerativa de la columna

Según la Organización Mundial de la Salud, está estimado que más del 84% de adultos presentan dolor en la columna lumbar en algún momento de su vida. El dolor lumbar se lo considera agudo cuando dura hasta 6 semanas, subagudo de 6 a 12 semanas y crónico cuando supera los 3 meses.

La prevalencia de dolor lumbar ha sido estimada en varias revisiones. En el 2012, una revisión sistemática estima una prevalencia mundial del 12%.

Hay que tomar en cuenta que existen factores de riesgo asociados al dolor lumbar como el tabaquismo, obesidad, edad, trabajo que amerite esfuerzo físico o movimientos repetitivos, trabajo estresante, insatisfacción laboral o factores psicológicos (desórdenes de somatización, ansiedad y depresión).

La mayoría de los pacientes son tratados en centros de atención primaria como dolor lumbar inespecífico. Esto significa que el paciente puede tener un dolor lumbar sin sintomatología adicional que permita clarificar el diagnóstico. Al ser uno de los síntomas más comunes de atención en la consulta externa tanto de medicina general y como de especialidad, es necesario conocer que estudios de imagen deben solicitarse y a su vez, saber interpretar los hallazgos que se pueden encontrar, sobretodo en aquellos casos donde el dolor lumbar es consecuencia del proceso degenerativo de la columna vertebral. De hecho, al establecer el diagnóstico, al menos el 75% de los casos van a corresponder a dolor producido por cambios degenerativos.

Este trabajo es una descripción completa y pormenorizada del proceso degenerativo que sufre la columna vertebral y los hallazgos radiológicos, de tomografía y resonancia magnética, para que el médico general o el especialista pueda realizar un mejor diagnóstico de las afecciones degenerativas de la columna vertebral.

Dra. Ma. Gabriela Moya A.

Cirujana Ortopédico- Traumatólogo
Grupo de Apoyo Editorial Revista SEOT



Revista Ecuatoriana de Ortopedia y Traumatología

www.seot.com



Tema de actualización

ABC de la enfermedad degenerativa de la columna

Sergiy V. Kushchayev¹, Tetiana Glushko¹, Mohamed Jarraya¹, Karl H. Schuleri¹, Mark C. Preul², Michael L. Brooks¹, Oleg M. Teytelboym¹

¹ Department of Radiology, Mercy Catholic Medical Center, 1500 Lansdowne Ave, Darby, PA 19023, USA

² Division of Neurological Surgery, Barrow Neurological Institute, St. Joseph's Hospital and Medical Center, 350 West Thomas Rd, Phoenix, AZ, USA

PALABRAS CLAVE

Espina degenerativa;
Hernia de disco
intervertebral;
Espondilosis;
Cambios móxicos;
Estenosis del canal
espinal

Resumen

Los cambios degenerativos en la columna vertebral tienen una gran significancia médica y socioeconómica. La imagenología de la columna vertebral degenerativa es un desafío frecuente en radiología. La patogénesis de este proceso degenerativo representa alteraciones biomecánicas continuas, que se pueden identificar con diferentes tipos de imagen. El objetivo de este artículo es revisar los hallazgos radiológicos relacionados con los discos intervertebrales, las placas terminales, los cambios en la médula ósea, las articulaciones facetarias y el canal espinal en relación con la patogénesis de los cambios degenerativos en la columna vertebral. Los hallazgos radiológicos se describen en asociación con los síntomas clínicos que se pueden presentar. Se realiza una breve revisión de las posibles opciones de tratamiento. El artículo proporciona una revisión ilustrada sobre el tema para los residentes.

Puntos de enseñanza:

- Las vértebras adyacentes, el disco intervertebral, los ligamentos y las articulaciones facetarias constituyen una unidad.
- El cambio degenerativo es una respuesta a traumatismos, como las lesiones mecánicas o metabólicas.
- La degeneración de la columna vertebral es una continuidad de alteraciones biomecánicas que evolucionan con el tiempo.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico autor principal: kushchayev@gmail.com (Sergiy V. Kushchayev)*

Correo electrónico autores secundarios: taglushko@gmail.com (Tetiana Glushko), mohamedjarraya@gmail.com (Mohamed Jarraya), kschuleri@yahoo.com (Karl H. Schuleri), mpreul@dignityhealth.org (Mark C. Preul), mbrooks@mercyhealth.org (Michael L. Brooks), olegmt@gmail.com (Oleg M. Teytelboym)

KEYWORDS

Degenerative spine;
Intervertebral
disc herniation;
Spondylosis ;
Modic changes;
Spinal canal stenosis

ABCs of the degenerative spine**Abstract**

Degenerative changes in the spine have high medical and socioeconomic significance. Imaging of the degenerative spine is a frequent challenge in radiology. The pathogenesis of this degenerative process represents a biomechanically related continuum of alterations, which can be identified with different imaging modalities. The aim of this article is to review radiological findings involving the intervertebral discs, end plates, bone marrow changes, facet joints and the spinal canal in relation to the pathogenesis of degenerative changes in the spine. Findings are described in association with the clinical symptoms they may cause, with a brief review of the possible treatment options. The article provides an illustrated review on the topic for radiology residents.

Teaching Points:

- The adjacent vertebrae, intervertebral disc, ligaments and facet joints constitute a spinal unit.
- Degenerative change is a response to insults, such as mechanical or metabolic injury.
- Spine degeneration is a biomechanically related continuum of alterations evolving over time.

Introducción

Erguida verticalmente, la columna vertebral es el mástil de nuestro cuerpo y tiene tres funciones principales: proporcionar soporte estructural, permitir el movimiento del tronco y proteger los elementos neuronales¹. Desde un punto de vista biomecánico, la columna vertebral es una estructura multiarticular que comprende numerosos segmentos o unidades, permitiendo movimientos multidireccionales y la absorción de grandes cargas complejas. Dos vértebras adyacentes, el disco intervertebral, los ligamentos espinales y las articulaciones facetarias, entre ellas, constituyen una unidad espinal funcional² (Figura 1).

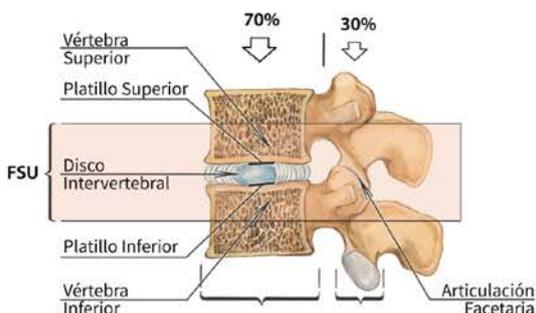


Figura 1. Unidad espinal funcional (FSU). La FSU representa el segmento de movimiento más pequeño de la columna vertebral y presenta características biomecánicas similares a las de la columna vertebral. Aproximadamente el 70% de la compresión axial aplicada se transmite por el cuerpo vertebral y los discos intervertebrales, y el 30% restante se distribuye a través de las articulaciones facetarias.

El cambio degenerativo se considera una respuesta a los traumas producidos, como una lesión mecánica o metabólica, en lugar de una enfermedad³. La etiología

de los cambios degenerativos puede ser microtraumas mecánicos o daños secundarios a macrotraumas, como fracturas de la columna vertebral, cirugía de columna no relacionada con la enfermedad degenerativa del disco o procesos metabólicos significativos, como la ocondrosis o la mucopolisacaridosis. Todos los elementos de la columna vertebral, incluidos los discos intervertebrales, articulaciones, ligamentos y estructuras óseas, pueden sufrir cambios morfológicos que pueden clasificarse como degenerativos.

La interpretación precisa y completa de los hallazgos en imagen relacionados con la columna vertebral degenerativa puede ser desafiante e incluso a veces confusa porque la palabra "degeneración" tiene significados diferentes para radiólogos, neurólogos, neurocirujanos y patólogos³. La patogénesis de estos cambios en la columna vertebral es una serie de alteraciones biomecánicas que evolucionan a lo largo del tiempo⁴. Por lo tanto, comprender la fisiopatología de estos cambios biomecánicos en la columna vertebral es esencial para que los radiólogos caractericen las anomalías radiológicas. El enfoque basado en la fisiopatología para evaluar los hallazgos de imágenes en la columna vertebral degenerativa puede ser: (1) caracterizando con precisión el proceso en el segmento involucrado; (2) identificando la secuencia de cambios degenerativos y predecir anomalías adicionales; (3) identificando anomalías ocultas o sutiles basadas en signos indirectos; (4) ayudando a los médicos a encontrar la fuente del dolor o los síntomas neurológicos; (5) identificando las mejores opciones de tratamiento para los pacientes. Ningún cambio degenerativo debe considerarse un evento aislado o reportarse como un hallazgo aleatorio.

Comúnmente, el proceso degenerativo puede incluir otros elementos que involucren a la unidad funcional, en este caso se denomina proceso degenerativo

horizontal o segmentario⁵⁻⁷, o podrían cambiar la biomecánica completa de la columna, incluyendo las estructuras espinales funcionales adyacentes. A esta se la conoce como enfermedad degenerativa del segmento adyacente.^{8,9} (Figura 2).

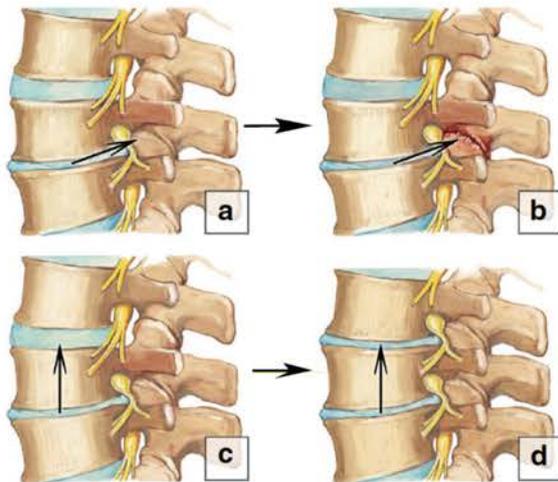


Figura 2. Tipos de degeneración espinal. (a - b) Degeneración horizontal. La degeneración inicial del disco intervertebral (a) conduce posteriormente a la osteoartritis de la articulación facetaria (b). (c - d) Enfermedad del segmento adyacente. Los cambios degenerativos severos en un segmento dan como resultado anomalías del nivel superior.

Nosotros proponemos una nemotecnia simple y una clasificación para facilitar la descripción de los cambios degenerativos de la columna dividiéndolos en tres categorías de cambios: A, B y C, según la ubicación y la secuencia de progresión. En las imágenes, el proceso degenerativo generalmente comienza dentro del núcleo pulposos (cambios A) y se extiende hacia el disco, el anillo fibroso, las placas terminales y la médula ósea de los cuerpos vertebrales adyacentes (cambios B). La degeneración avanzada eventualmente puede involucrar estructuras distales y conducir a osteoartritis de la articulación facetaria, hipertrofia del ligamento amarillo y estenosis del canal espinal (cambios en C) (Figura 3).

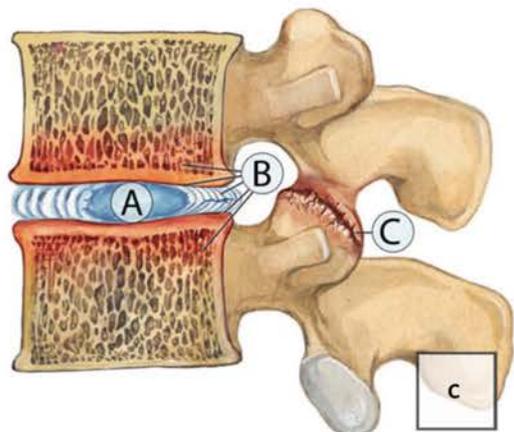
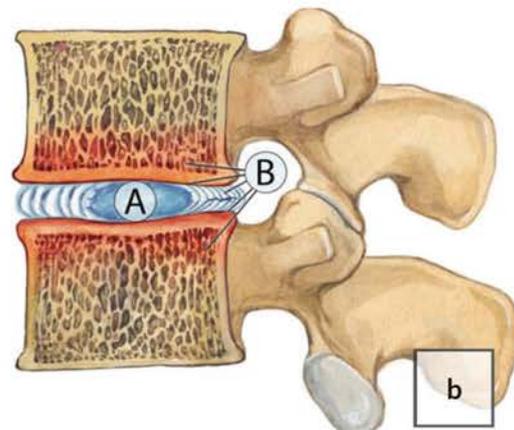
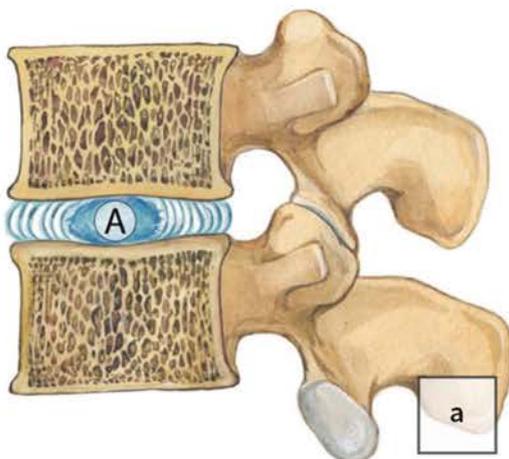


Figura 3. Cambios degenerativos A-B-C. (a) Cambios A: El proceso degenerativo generalmente comienza dentro del núcleo pulposos que representa los cambios A-. (b) Cambios B: Las anomalías se extienden al disco, anillo fibroso, placas terminales y médula ósea de los cuerpos vertebrales adyacentes. (c) Cambios en C: La degeneración avanzada puede eventualmente involucrar estructuras distales y conducir a la osteoartritis de la articulación facetaria, hipertrofia de ligamento amarillo (no se muestra) y estenosis del canal espinal (no se muestra).

Cambios tipo A: núcleo pulposos

En la mayoría de los casos, el proceso degenerativo comienza en el núcleo pulposos. El núcleo pulposos es una estructura gelatinosa con alta viscosidad y elasticidad, compuesta de proteoglicanos y agua intermolecular (hasta 80%)¹⁰. Los condrocitos proporcionan un cambio de volumen constante y equilibrado dentro del núcleo pulposos: sintetizan y descomponen los proteoglicanos para la matriz del núcleo pulposos que contiene el agua y el colágeno para el anillo fibroso. Un disco intervertebral sano mantiene un cierto nivel de presión, que se denomina presión intradiscal¹⁰. La presión intradiscal media en los discos L4-L5 en individuos sanos es de aproximadamente 91 kPa en posición prono, de 151 kPa en posición lateral, 539 kPa en posición vertical de pie y 1324 kPa de pie en posición flexionada¹⁰ (Figura 4). El núcleo pulposos

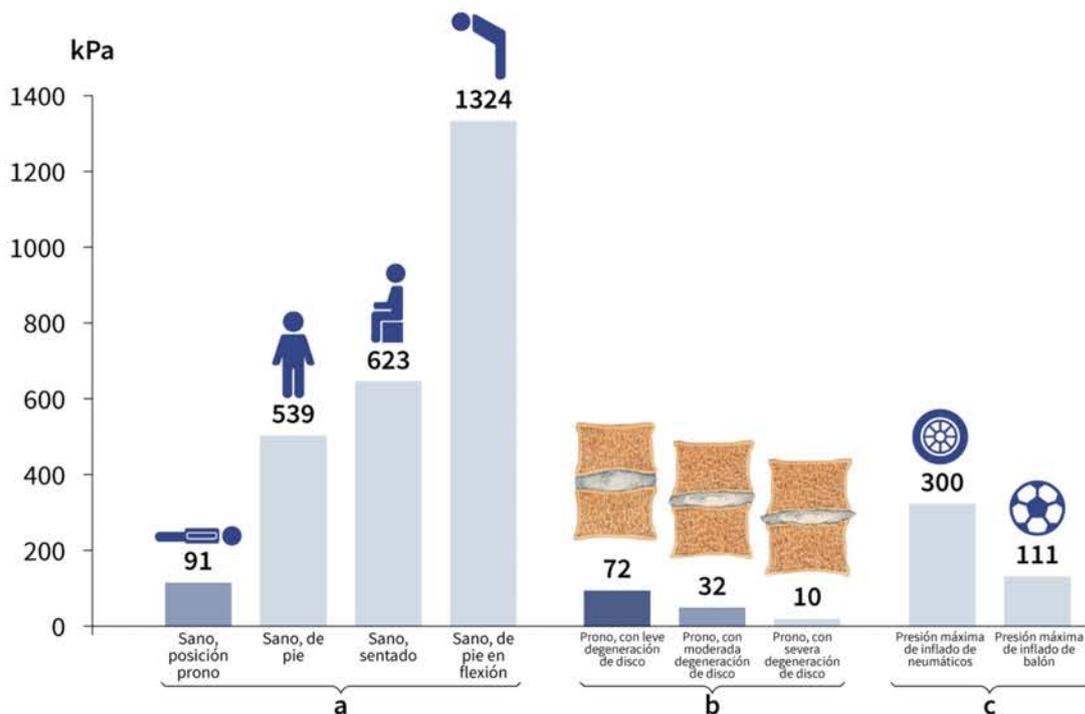


Figura 4. Presiones intradiscales. (A) Las presiones intradiscales en posturas fisiológicas en individuos sanos. (b) Las presiones intradiscales en pacientes con degeneración leve, moderada y severa. (c) Las presiones de inflado máximo en los neumáticos y en un balón de fútbol se presentan con fines comparativos.

normal actúa hidrostáticamente al transmitir de manera uniforme al anillo fibroso y las placas terminales en cada dirección según el principio de Pascal¹⁰.

El estrés de tipo mecánico axial producido por efectos combinados de una herencia desfavorable, la edad, el transporte inadecuado de metabolitos y el trauma, deteriora los condrocitos y puede hacer que el núcleo pulposo se degenera¹¹. A medida que progresa la degeneración, el núcleo pulposo se deshidrata, lo que se traduce en una reducción de la presión intradiscal¹⁰, pasando así la carga mecánica al anillo fibroso¹. Debido a que tiene que soportar un mayor peso, el anillo fibroso sufre cambios para reflejar la tensión creciente que soporta. La mayor parte del anillo fibroso actúa entonces como una estructura sólida para resistir la compresión (Figura 5)^{3,11}.

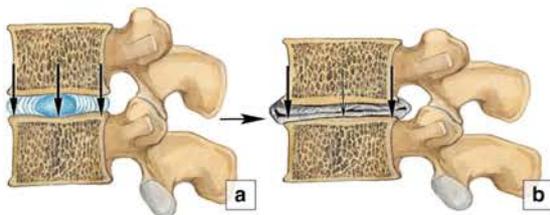


Figura 5. Distribución del estrés en un segmento normal y en un segmento con degeneración del núcleo pulposo. (a) Una ilustración esquemática de la distribución normal de las cargas en un disco. (b) En la degeneración del núcleo pulposo, la presión intradiscal disminuye y el anillo fibroso actúa como una estructura sólida para poder resistir la compresión.

El aumento de la tensión en el anillo fibroso puede conducir al desarrollo de grietas y cavidades, progresando posteriormente hasta producirse fisuras¹². Esta pérdida de la integridad estructural del anillo fibroso puede provocar una hernia discal. La debilidad estructural del anillo fibroso también puede conducir a la incapacidad del disco para mantener la alineación y la posición anatómica progresando hacia la inestabilidad y/o espondilolistesis. Todos estos cambios estructurales son irreversibles porque los discos de los adultos tienen un potencial de curación limitado¹¹.

En la RMN, se ha demostrado que la señal hiperintensa del núcleo en imágenes ponderadas en T2 (WI) se correlaciona directamente con la concentración de proteoglicanos en el núcleo pulposo y la pérdida de señal del disco se correlaciona con cambios degenerativos progresivos^{13,14}. Pfirrmann y cols. desarrolló un sistema de clasificación y un algoritmo basado en la intensidad de la señal de RMN, la estructura del disco y las distinciones entre el núcleo pulposo, el anillo fibroso y la altura del disco¹⁴ (Figura. 6).

Las nuevas técnicas de imagen funcionales, como el mapeo T2/T2*, el cálculo T1p, la medición del tiempo de relajación T2, la imagen cuantitativa por difusión, la transferencia de saturación por intercambio químico, la RMN con contraste, la RMN de sodio y la espectroscopia por RMN, son herramientas prometedoras que permiten la evaluación de la degeneración temprana del disco basada en la composición química de un disco, principalmente, mediante la evaluación del contenido de proteoglicanos¹⁵.

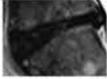
Grado I	El disco tiene señal uniforme elevada del núcleo en T2	
Grado II	Baja señal de intensidad en la línea central horizontal	
Grado III	Alta intensidad en la parte central del núcleo con intensidad baja en las regiones periféricas del núcleo	
Grado IV	Baja intensidad de señal en el centro y distinción borrosa entre el núcleo y el anillo	
Grado V	Señal homogénea baja y no se distingue entre el núcleo y el anillo	

Figura 6. Sistema de clasificación de la degeneración del disco intervertebral

Estas nuevas técnicas de RMN podrían ser útiles en la evaluación de la progresión de la degeneración del disco y tener aplicaciones en ensayos clínicos para evaluar la eficacia de las terapias utilizadas para la restauración del disco afectado.

Fenómeno de vacío: A medida que progresa la degeneración del disco, el nitrógeno se acumula dentro del disco. Este es un proceso muy rápido y parece ser dependiente de la postura y, a menudo, es asociado con la inestabilidad segmentaria^{16,17}. En la resonancia magnética, el fenómeno del vacío se manifiesta como un signo del vacío en la señal tanto en T1 como en T2-WI18 (Figura 7a).

Acumulación de líquido intradiscal: El líquido en el disco está altamente asociado con la presencia del fenómeno del vacío, los cambios en la médula ósea tipo 1 (Modic 1) y las anomalías severas de la placa terminal. El líquido muestra una señal alta en T2-WI y en presencia de cambios Modic tipo 1 pueden simular una espondilodiscitis temprana¹⁸ (Figura 7b).

Calcificación intradiscal: Los cambios degenerativos pueden llevar a la calcificación del disco. Estos cambios suelen afectar al anillo fibroso y con frecuencia se encuentran en la columna torácica inferior¹⁹ (Figura 7c).

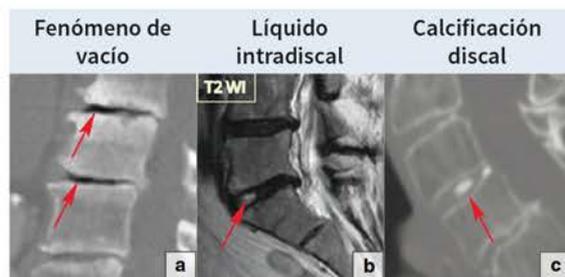


Figura 7. Signos de degeneración del disco intervertebral: (a). El fenómeno del vacío. Esta imagen de corte sagital de TAC muestra aire dentro de los discos L2-L3 y L3-L4 (flechas). (b) Acumulación de líquido intradiscal (flecha). (c) Una imagen de corte sagital de TAC a nivel de C3-C4 muestra calcificación del disco (flecha).

Cambios tipo B: anillo fibroso, placas terminales y médula ósea

Fisuras anulares

Cada anillo fibroso comprende de 15 a 20 láminas de colágeno que se extienden oblicuamente desde el borde de una vértebra hasta el borde de la vértebra inferior. Se fusionan anterior y posteriormente con ligamentos longitudinales. Un anillo fibroso externo normal muestra una señal hipointensa en todas las secuencias de resonancia magnética. La porción interna del anillo fibroso está hecha de fibrocartilago, que se mezcla gradualmente con el núcleo pulposo; por lo tanto, su señal en la resonancia magnética es similar a la del núcleo pulposo. La rotura o las fisuras anulares son avulsiones en las fibras del anillo fibroso y pueden involucrar tanto las fibras como sus inserciones en las placas terminales adyacentes⁴. Una pequeña cantidad de líquido que va a través de la fisura del anillo fibroso puede ser responsable de la hiperintensidad de la señal en T2-WI. Sin embargo, la composición del anillo fibroso no cambia¹¹. Las fisuras del anillo fibroso pueden ser circunferenciales, periféricas y radiales (Figura 8). Dado que las fisuras representan fibras de anillo fibroso desgarradas y generalmente ocurren durante una carga excesiva en la columna vertebral, las fisuras agudas pueden presentarse clínicamente con dolor. Las fisuras no cambian de apariencia en la resonancia magnética con el tiempo y, por lo tanto, no pueden indicar agudeza en el proceso²⁰.

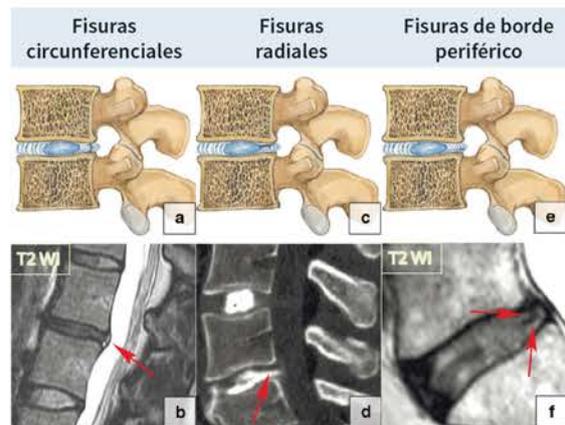


Figura 8. Fisuras fibrosas anulares: (a-b) Fisuras circunferenciales. El dibujo y la imagen axial en T2-WI en L4-L5 (flecha) muestran una ruptura de las fibras transversales sin interrupción de las fibras longitudinales. Estas representan fisuras circunferenciales. (c-d) Fisuras radiales. El dibujo y un discograma en corte sagital de TAC en L5-S1 muestran fisuras radiales (flecha) que se extienden desde la periferia del anillo hasta el núcleo, con la interrupción de las fibras longitudinales. (e-f) Fisuras del borde periférico. El dibujo y la imagen con corte sagital en T2-WI en L5-S1 demuestran las interrupciones de las fibras de Sharpey en la periferia anular.

Desplazamiento discal

El desplazamiento distal del contenido del disco hacia los límites del espacio del disco intervertebral puede

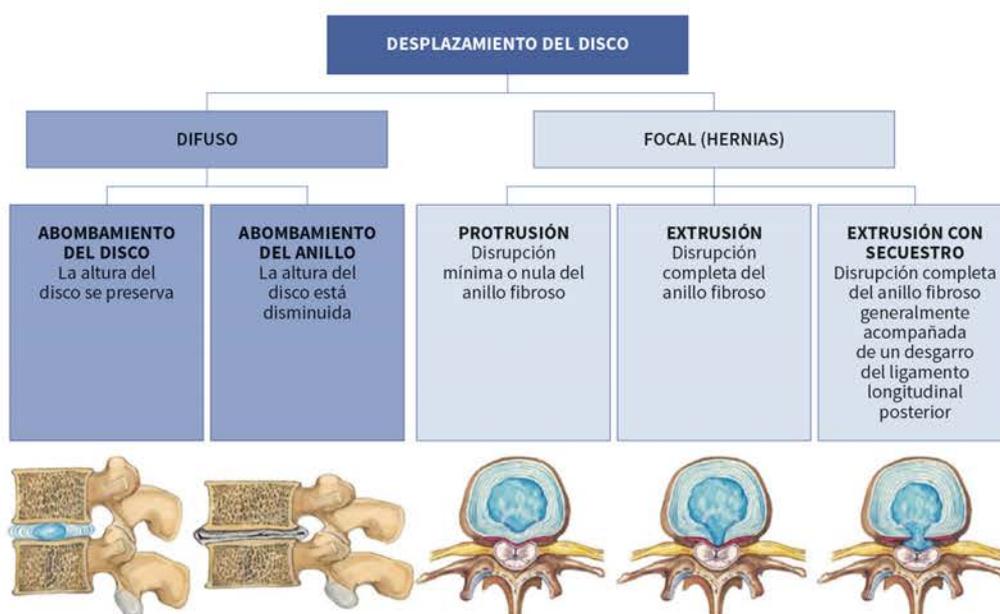


Figura 9. Clasificación de los desplazamientos de disco.

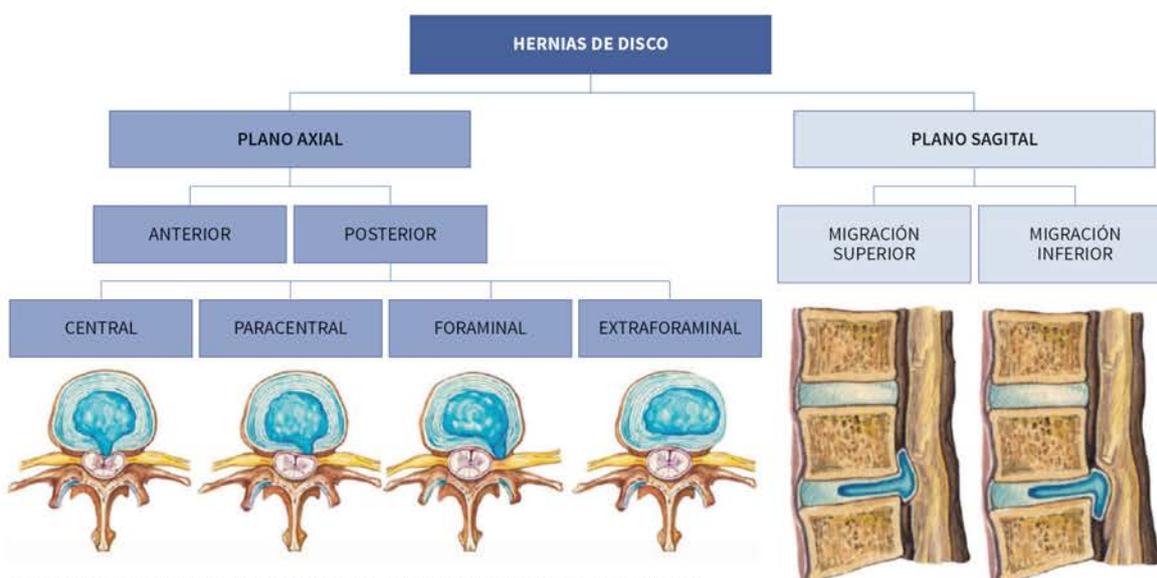


Figura 10. Clasificación de los desplazamientos focales de disco (hernias).

ser difuso (abultamiento) o hernia focal (protrusión, extrusión o extrusión con secuestro)²¹ (Figura 9). En el plano axial, puede ser anterior o posterior. La herniación puede clasificarse en: central, paracentral, foraminal o extraforaminal.²¹⁻²⁴ Puede migrar hacia superior o inferior²⁴ (Figura 10).

La migración difusa del disco es el desplazamiento circunferencial del anillo fibroso.

- Esto ocurre cuando la presión intradiscal permanece alta, el anillo fibroso está intacto y se preserva la altura del disco. Un aumento rápido de la presión intradiscal en el caso de un abombamiento puede conducir

al desarrollo de fisuras anulares y eventualmente provocar hernias. El abombamiento se ve muy a menudo en individuos asintomáticos (Figura 11a, b).

- Abombamiento anular (plegable). La degeneración del núcleo pulposo eventualmente conduce a una marcada caída en la presión intradiscal que resulta en un estrechamiento del espacio discal o colapso, produciendo que los cuerpos vertebrales tengan acercamiento o roce entre sí. El aumento de la carga vertical en el anillo fibroso hace que se abulte o se doble radialmente hacia afuera²⁵⁻²⁷. El abombamiento anular (plegado) puede ser sintomático por el estrechamiento severo del espacio discal. Se

produce también una disminución del tamaño de los agujeros intervertebrales, que se agrava aún más por el abombamiento del anillo fibroso (Figura 11c). El abombamiento anular (plegado) nunca se ha identificado como una entidad separada; Sin embargo, es un hallazgo importante desde el punto de vista clínico, ya que el tratamiento quirúrgico tiene como objetivo restaurar el espacio del disco intervertebral en lugar de realizar solamente una microdiscectomía.

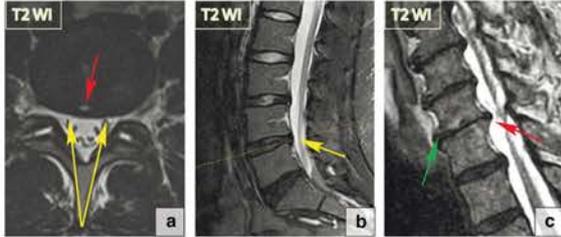


Figura 11. Desplazamiento difuso del contenido del disco: abultamiento y anillo plegado. (a) Abultamiento del disco. Hay un desplazamiento circunferencial del disco L4-L5 (flechas amarillas). La altura del disco se conserva. La hiperintensidad focal posterior dentro del disco L4-L5 es compatible con la fisura anular (flecha roja). (b) Abultamiento anular en el nivel C5-C6. El contenido del núcleo pulposo tiene una migración hacia anterior (flecha verde), vaciando y provocando un estrechamiento del espacio discal y el plegamiento radial del anillo fibroso hacia afuera (flecha roja)

La migración focal del disco (hernia de disco) es definida como una condición en la que un fragmento del núcleo pulposo se separa y migra desde su ubicación original. Generalmente, la herniación ocurre en pacientes relativamente jóvenes cuando la presión intradiscal aumenta. Dependiendo de la extensión de la migración focal del núcleo pulposo, la hernia discal puede provocar protrusión, extrusión o secuestro del contenido del núcleo pulposo. La hernia de disco puede ocurrir en cualquier dirección.

En función de su apariencia morfológica y hallazgos en imágenes, las hernias se pueden dividir en tres subtipos:

- **Protrusión:** Se describe como un desplazamiento localizado del contenido del disco (más del 25% de la circunferencia total). La distancia entre los bordes correspondientes de la porción desplazada no debe ser mayor a la distancia entre los bordes de la base del contenido del disco desplazado del espacio original²¹. Anatómicamente, la protrusión es un desplazamiento focal del contenido del disco con una interrupción nula o mínima de las fibras del anillo fibroso supradistante. El ligamento longitudinal posterior se mantiene intacto (Figura 12).

- **Extrusión:** Es un disco herniado en el que, al menos en un plano, presenta una rotura completa del anillo fibroso y su contenido es conservado por el ligamento longitudinal posterior²¹. Anatómicamente, la extrusión es el desplazamiento del contenido del disco con una interrupción del espesor total de las fibras del anillo fibroso; por lo general, el ligamento longitudinal posterior permanece intacto (Figura 13). El aspecto posterior de

la extrusión puede ser más grande que su base en el plano sagital, lo que causa que el ligamento longitudinal posterior se incline, lo que a menudo causa dolor y síntomas neurológicos.

- **Extrusión con secuestro:** es un desplazamiento focal del disco cuando el contenido del disco extruido no tiene continuidad con el disco de origen²¹. Un secuestro subligamentoso es una variante de extrusión con secuestro. Ocurre cuando el contenido del núcleo pulposo se extiende a lo largo del ligamento longitudinal posterior²¹. Aparece en forma de huso en la imagen. Un secuestro transligamentoso es cuando el desplazamiento del contenido del disco da como resultado la ruptura del espesor completo de las fibras del anillo fibroso y el ligamento longitudinal posterior²¹. Un fragmento puede permanecer al nivel del disco o puede migrar hacia cefálico o hacia caudal. El dolor y los síntomas neurológicos pueden variar según la migración del fragmento libre dentro del canal espinal. El desplazamiento agudo de un fragmento libre hacia el canal espinal puede causar el síndrome de cauda equina (Figura 14).

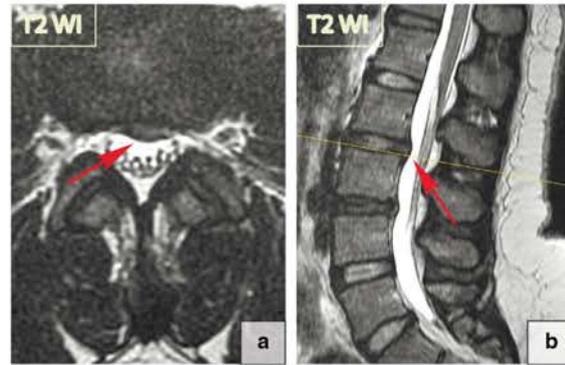


Figura 12. Desplazamiento focal del disco: protrusión. Los cortes axial y sagital en T2-WI demuestran una protrusión posterior paracentral izquierda L2-L3. No se evidencia interrupción de las fibras del anillo fibroso supra adyacente o del ligamento longitudinal posterior.

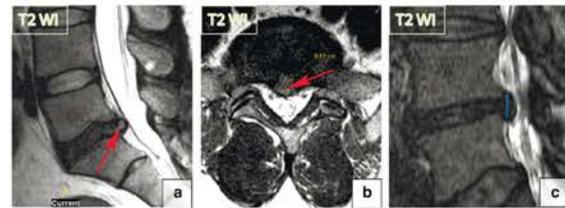


Figura 13. Desplazamiento focal del disco: extrusión. (a - b) En los cortes axial y sagital en T2-WI se ve una extrusión L5-S1 central de 8 mm. (c) La imagen muestra el desplazamiento del contenido del disco con la interrupción completa del anillo fibroso; Sin embargo, el ligamento longitudinal posterior permanece intacto. El aspecto posterior de la hernia (línea azul) es más grande que su base (línea roja) en el plano sagital, lo que es consistente con una ruptura total del espesor del anillo fibroso. El contenido de la hernia se tiende sin producir desgarramiento del ligamento longitudinal posterior. Por definición, esta anomalía es una extrusión de disco.

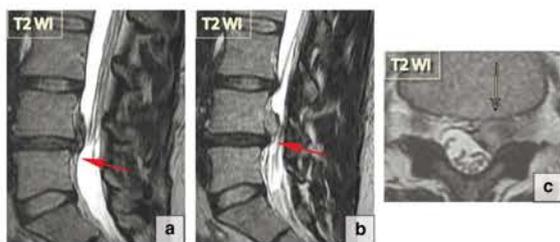


Figura 14. Desplazamiento focal del disco: extrusión con secuestro trans ligamentario. (a - b) Los cortes sagitales en T2-WI demuestran una gran hernia secuestrada del lado izquierdo a nivel de L4-L5 con una migración del fragmento hacia cefálico. El contenido del disco se extiende distal al margen del ligamento longitudinal posterior, lo que sugiere su ruptura completa. (c) El material del disco extruido es redondo en los cortes axiales. Esta es una presentación típica.

La hernia desplazada posteriormente hacia el canal espinal tiene importancia clínica, ya que puede causar compresión neural o de la médula espinal. Sin embargo, las fisuras anulares y la hernia de disco aguda que afecta la cara anterior del disco también pueden ser responsables del dolor de espalda. Con frecuencia se pasan por alto y se subestiman.

No existen definiciones radiológicas universales que hayan definido los intervalos entre hernias de disco agudas, subagudas o crónicas²¹. Desde una perspectiva neurológica, los pacientes con procesos degenerativos pueden presentar dolor y síntomas agudos (que duran menos de 4 semanas), subagudos (que duran de 4 a 12 semanas) y crónicos (que duran más de 12 semanas)^{22,28}. Las hernias agudas de disco se manifiestan con dolor agudo y síntomas neurológicos, las hernias subagudas tienen presentaciones clínicas subagudas, y las hernias crónicas se acompañan de síntomas crónicos y signos neurológicos.

• **Hernia de disco aguda:** Ocurren en los estadios tempranos de la enfermedad degenerativa cuando la presión intradiscal todavía es relativamente alta. Los aumentos agudos de la presión intradiscal, en el contexto de un traumatismo o el levantamiento de pesos elevados, conducen al desplazamiento del núcleo pulposo a través de las fibras del anillo fibroso, provocando la rotura de las fibras. Los tejidos lesionados muestran niveles elevados de citoquinas catabólicas y una reacción inflamatoria local aguda²⁹. Cada episodio de desplazamiento agudo discal conduce a una mayor migración del núcleo pulposo hacia posterior y agrava la rotura del anillo fibroso. La hernia sin degeneración del disco rara vez se ve y generalmente es secundaria a un evento traumático agudo (Figura 15a).

• **Hernia de disco subaguda:** Se asocia con un dolor de espalda que empeora al estar de pie y mejora cuando el paciente está acostado³⁰. Sucede solo cuando el contenido del disco migra periféricamente a medida que aumenta la presión intradiscal (por ejemplo, en la posición de pie), pero mejora cuando la presión intradiscal disminuye (en la posición decúbito). Las fibras intactas del anillo fibroso retroceden para llevar el contenido extruido de vuelta al espacio discal. Dado que la mayoría de los estudios

de resonancia magnética y tomografía computarizada se realizan en posición decúbito, cuando la presión intradiscal disminuye, los hallazgos de las imágenes pueden subestimar la extensión del desplazamiento fluctuante del núcleo pulposo (Figura 15b).

• **Desplazamiento crónico del núcleo pulposo:** Representa el desplazamiento estable del contenido del disco fuera del espacio discal. En su etapa inicial, las protrusiones crónicas persisten debido a la alta presión intradiscal que empuja el contenido del núcleo pulposo fuera del disco; sin embargo, las fibras del anillo fibroso experimentan cambios degenerativos avanzados tardíos y pierden la capacidad de hacer retroceder el contenido de disco hacia el espacio discal como ocurre en el desplazamiento subagudo (Figura 15c). Los esfuerzos axiales excesivos pueden conducir a una mayor migración del fragmento de núcleo pulposo intradiscal, y el desgarro adicional que existe de las fibras del anillo fibroso produce repetición del cuadro agudo. La extrusión ocurre cuando el fragmento intradiscal desgarrar todas las capas de anillo fibroso. Una mayor migración de la extrusión conduce al desgarro del ligamento longitudinal posterior y fragmentos de disco libre (secuestrado) flotan libremente en el canal espinal.

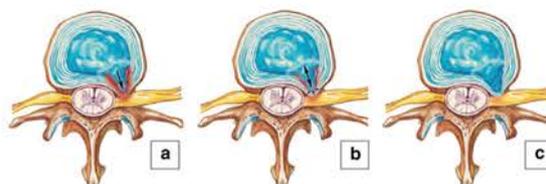


Figura 15. Las etapas del desplazamiento del núcleo pulposo. El fragmento intradiscal del núcleo pulposo migra hacia posterior. Las flechas indican la separación del fragmento intradiscal del contenido del núcleo pulposo restante. (a) Herniación aguda. Ocurre en las primeras etapas de degeneración cuando la presión intradiscal todavía es relativamente alta. Hace que las fibras del anillo fibroso se rompan y provoquen inflamación local aguda. (b) Hernia subaguda. Esto generalmente surge solo cuando el contenido del disco migra periféricamente al aumentar la presión intradiscal y aumenta cuando la presión intradiscal disminuye. Las fibras intactas restantes del anillo fibroso retroceden para devolver el material extruido al espacio discal. (c) Herniación crónica. Las protuberancias crónicas persisten debido a la alta presión intradiscal que empuja el contenido del núcleo pulposo fuera del disco.

Las complicaciones del desplazamiento del disco pueden ser neurológicas, vasculares o focales. Las complicaciones neurológicas están relacionadas con la compresión de la raíz nerviosa y la médula espinal. Son las complicaciones más comunes de la hernia discal. A cualquier nivel espinal, un déficit neurológico agudo persistente por hernia discal es una emergencia médica, que puede requerir descompresión quirúrgica urgente. Las complicaciones vasculares se desarrollan de manera secundaria por la compresión aguda o crónica de la arteria vertebral o de las arterias segmentarias medulares que alimentan

la médula espinal (radiculomedular cervical larga en el nivel C5-C7; arteria radiculomedular dominante en T4-T5; la arteria de Adamkiewicz ubicada en T10 y la arteria de Deprogen-Gotteron en el nivel L4-L5). Pueden causar un déficit neurológico grave y también puede requerir intervención quirúrgica. Las complicaciones focales ocurren debido a cambios inflamatorios de larga data secundarios a una hernia fluctuante persistente o crónica, que eventualmente puede conducir a una cicatrización epidural extensa (sin intervención quirúrgica). Normalmente, las raíces nerviosas se mueven libremente en los agujeros con cada movimiento corporal. La cicatrización epidural limita el paso de la raíz nerviosa a través de los agujeros y puede causar compresión de la raíz nerviosa. Este proceso es prácticamente imposible de identificar en la imagen. El secuestro agudo del disco en las adherencias que se forman entre la pared ventral de la duramadre y el ligamento longitudinal posterior puede conducir a perforación dural y desarrollar herniación intradural. Esta es una complicación muy rara, que comprende solo el 0.27% de todos los discos herniados y que ocurre principalmente en la columna lumbar^{31,32}. El varicocele de la vena epidural o la distensión de las venas epidurales secundarias a herniación discal, generalmente en la columna lumbar, puede imitar los signos clínicos de hernia discal o estenosis espinal. La resonancia magnética es de gran valor para demostrar la dilatación de la vena epidural, pero los hallazgos pueden malinterpretarse como contenido de núcleo pulposo herniado³³.

Muchos estudios han informado la regresión espontánea o la desaparición de hernias de disco sin tratamiento quirúrgico. Los secuestros tienen la mayor probabilidad de regresión radiográficamente en el menor tiempo posible en comparación con los otros subtipos de hernia discal. Aunque se desconoce el mecanismo exacto de este fenómeno, la deshidratación y la contracción parecen desempeñar un papel importante y pueden demostrarse claramente con el tiempo mediante resonancia magnética debido a la disminución del contenido de agua³⁴. Después de que el fragmento del disco se secuestra en el espacio epidural, se reconoce como un cuerpo extraño, y las respuestas autoinmunes e inflamatorias conducen a neovascularización, degradación enzimática y fagocitosis mediante macrófagos³⁴.

Cambios de placa terminal

Las placas terminales juegan un papel crucial en el mantenimiento del entorno mecánico, así como en la nutrición adecuada de los discos que son estructuras avasculares. El daño en la placa terminal es la marca distintiva de los cambios degenerativos. La clasificación del tipo de placa terminal basada en RMN es un método objetivo para diferenciar discos sanos, envejecidos y degenerados. Se han identificado seis tipos de placas terminales según la gravedad del daño: el tipo I es una placa terminal normal; el tipo II indica placas terminales delgadas sin roturas obvias; el tipo III denota una placa terminal que muestra defectos focales sin cambios óseos subcondrales; el tipo IV son roturas que involucran menos del 25% de la superficie, generalmente asociadas con

cambios adyacentes en la médula ósea; el tipo V son defectos grandes (hasta 50%) de la placa terminal con cambios asociados en la médula ósea; el tipo VI representa un daño extenso en la placa terminal que involucra casi toda la placa terminal³⁵ (Figura 16). Las roturas de la placa terminal conducen a una despresurización repentina del núcleo pulposo y la migración del contenido del núcleo hacia el cuerpo vertebral. Esto provoca una respuesta inflamatoria y edema, que se detecta en la resonancia magnética a medida que cambia la médula ósea (Modic). El daño extenso en la placa terminal acompañado de un gran volumen de contenido del núcleo pulposo migrado generalmente indica presencia de nódulos de Schmorl.

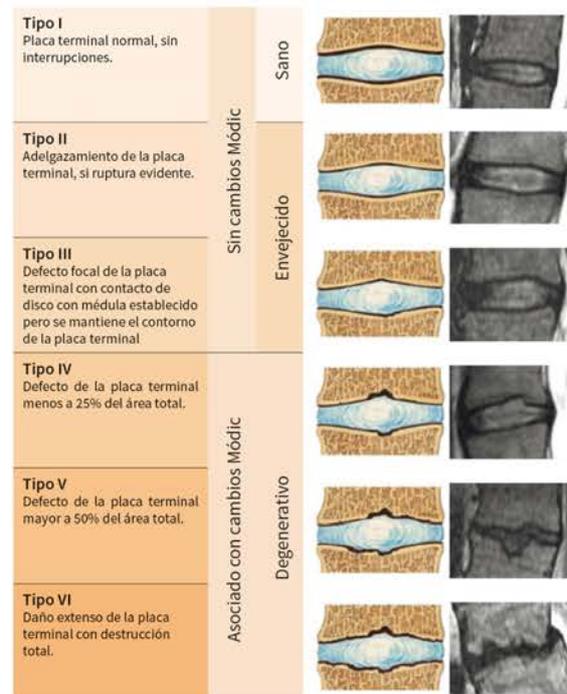


Figura 16. Clasificación de los cambios de la placa terminal.

Cambios degenerativos de la médula

Las causas exactas de los cambios degenerativos de la médula ósea (los llamados cambios Modic) no están claras. Su aparición puede estar estrechamente relacionada con el estrés mecánico³⁶. La carga y el estrés anormales afectan las placas terminales vertebrales y el ambiente de la médula ósea vertebral adyacente, lo que provoca cambios histológicos, que demuestran un cambio en la intensidad de la señal en la resonancia magnética³⁶. Hay tres formas principales de cambios degenerativos que involucran la médula ósea de los cuerpos vertebrales adyacentes. Estos también pueden ocurrir en los pedículos³⁷.

Los cambios de tipo 1 (disminución de la intensidad de la señal en T1-WI y aumento de la intensidad de la señal en T2-WI, incrementada después de la administración de contraste) corresponden al edema de la médula ósea y a los tejidos fibrosos vascularizados (Figura 17a-c). Estos cambios se encuentran en el 4% de los pacientes

estudiados en las evaluaciones que se realizan para detectar enfermedad lumbar, hasta el 30% de los pacientes después de realizarse una disectomía y en el 40-50% de los discos tratados con quimopapaína^{38, 39}. Los cambios Tipo 1 pueden ser crónicos o agudos y están fuertemente relacionados con dolor lumbar inespecífico³⁸ e inestabilidad. La etiología de los cambios Modic 1 sigue sin estar clara; Parecen tener causas biomecánicas y bioquímicas. El mecanismo biomecánico propuesto implica fisuras y microfracturas de la placa terminal debido a la distribución desigual de las cargas a través del disco como resultado de la degeneración del disco. Después de un trauma repetitivo, esto conduce a edema y neovascularización. Bioquímicamente, la migración intravertebral del contenido del núcleo pulposo con una alta concentración de sustancias inflamatorias secundarias a traumatismos y cambios degenerativos produce una reacción inflamatoria local de la médula ósea¹⁸, que a su vez da lugar a dolor de espalda. Se ha observado que los cambios de Tipo 1 se convierten lentamente en cambios Tipo 2; Sin embargo, la reconversión inversa también se ha reportado⁴⁰.

Los cambios de señal degenerativos Modic Tipo 1 pueden imitar o sugerir un proceso infeccioso. La imagen ponderada por difusión (DWI) es útil para diferenciar las anomalías degenerativas e infecciosas de la placa terminal. Los cambios Modic Tipo 1 muestran el "signo de la garra" en la imagen por difusión cuando se presentan como regiones bien delimitadas, lineales, típicamente emparejadas hiperintensas situadas dentro de los cuerpos vertebrales adyacentes entre la médula ósea normal y la médula ósea vascularizada que se encuentra cerca del disco afectado (Figura 18). La enfermedad degenerativa del disco lentamente progresiva produce una respuesta con bordes bien definidos. Por el contrario, el proceso infeccioso puede progresar muy rápidamente, infiltrándose de patógenos o presentar edema de manera difusa. Por lo tanto, no se produce una respuesta definida en la zona anteriormente mencionada, razón por la cual, el signo de la garra está ausente^{41, 42}.

Los cambios de Tipo 2 (aumentados en T1-WI e iso o hiperintensos en T2-WI sin realce de contraste) reflejan la presencia de médula amarilla en los cuerpos vertebrales (Figura. 17d-f).

Los cambios de Tipo 3 (disminuidos tanto en T1 como en T2-WI) representan tejido óseo denso y la ausencia de médula. Estos cambios son potencialmente estables y casi siempre asintomáticos (Figura 17g - i).

Inestabilidad intervertebral degenerativa

Biomecánicamente, la estabilidad de la columna se considera tanto en el eje vertical como en el horizontal. La inestabilidad axial (vertical) de la columna vertebral generalmente está relacionada con procesos que involucran los cuerpos vertebrales y puede deberse a una patología localizada (fractura traumática o lesión lítica grande) o difusa (como osteoporosis o mieloma múltiple)^{43, 44} (Figura 19a). La inestabilidad horizontal (intervertebral o segmentaria) se debe a la incapacidad del disco intervertebral, las articulaciones facetarias y los complejos ligamentarios para mantener la alineación y la posición anatómicas de la unidad espinal funcional afectada¹⁷. Puede ocurrir en espondilosis degenerativa, espondilodiscitis y en otros procesos (Figura 19b). La inestabilidad degenerativa puede ocurrir en la columna cervical o lumbar y casi nunca ocurre en la columna torácica. El proceso de inestabilidad degenerativa se divide en tres fases: disfunción temprana, inestabilidad y estabilización²⁹. La inestabilidad degenerativa consiste en un síndrome disfuncional del movimiento con cambios anatómicos nulos o mínimos (microinestabilidad), indetectables radiológicamente⁴⁵. La diferenciación entre el movimiento normal y anormal sigue siendo un desafío. El diagnóstico de inestabilidad intervertebral se basa en los hallazgos radiológicos directos e indirectos del movimiento vertebral anormal. La inestabilidad persistente uni o multisegmentaria produce subluxación rotacional y traslacional, lo que da como resultado una espondilolistesis degenerativa⁴⁶.

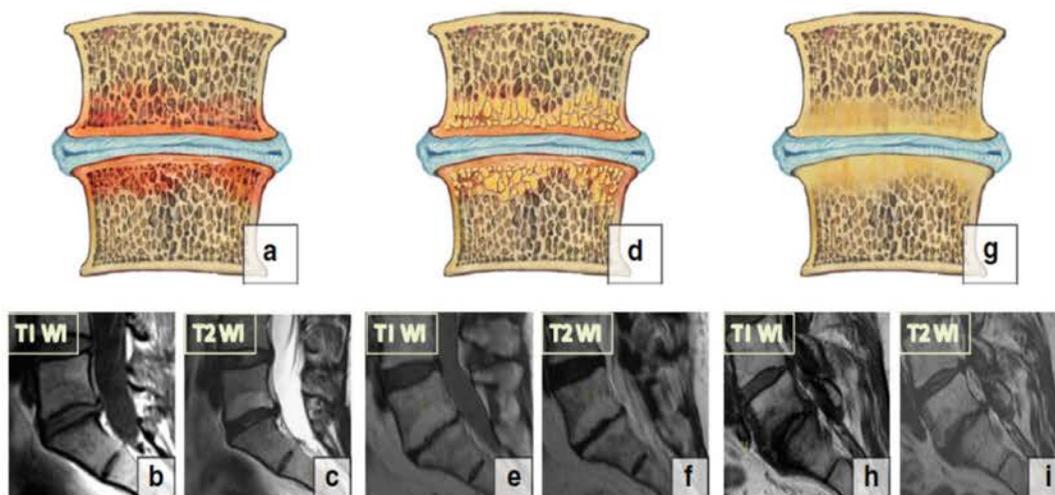


Figura 17. Cambios de la médula espinal degenerativa (Modic) (a-c) Cambios Tipo 1, (d-f) Cambios de Tipo 2 y (g-i) Cambios de Tipo 3

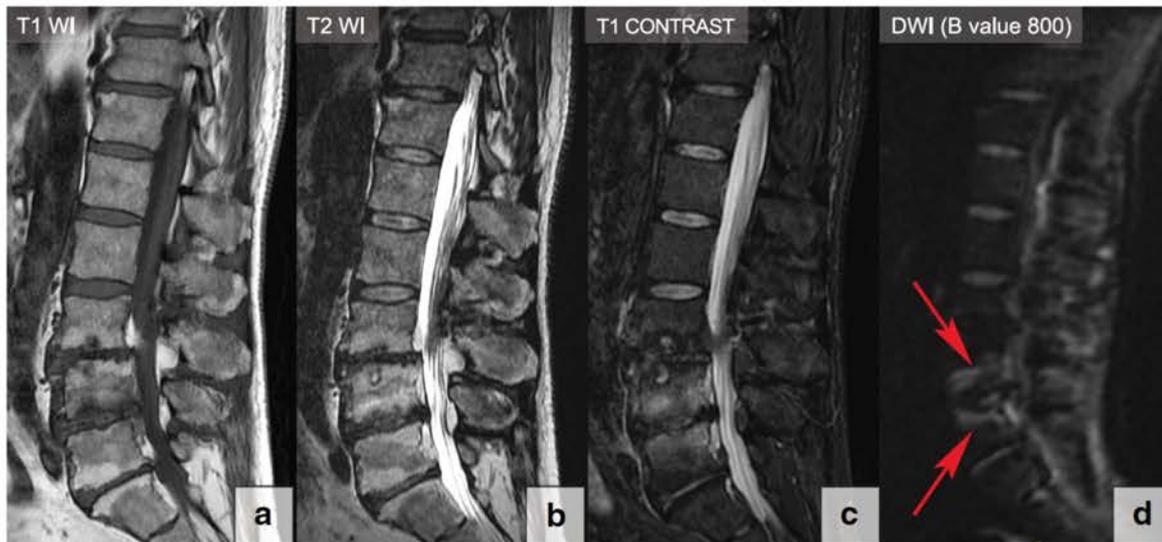


Figura 18. El signo de la garra en la médula ósea degenerativa tipo 1 (Modic) cambia en L4-L5. T1-WI (a), T2-WI (b), T1 con contraste (c) y imágenes sagitales por RMN de difusión (d). El signo de la garra se identifica en la imagen de RMN por difusión como regiones lineales de alta señal ubicadas dentro de los cuerpos vertebrales entre los límites de la médula ósea normal y vascularizada (flechas rojas). Tenga en cuenta que los cambios degenerativos de la médula ósea tipo 2 en L5-S1 y L3-L4 no demuestran el signo de la garra.

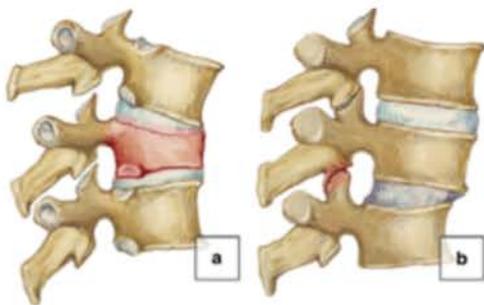


Figura 19. Inestabilidad vertical y horizontal. (a) Inestabilidad vertical en el caso de una fractura de cuerpo vertebral. (b) Inestabilidad horizontal en espondilolistesis.

Clínicamente, la inestabilidad se presenta con dolor de espalda intermitente no específico que empeora con el movimiento. Actualmente, se utilizan diversas modalidades de imagen para evaluar la inestabilidad de la columna. La resonancia magnética y la tomografía computarizada convencionales realizadas en posición decúbite proporcionan información limitada sobre el estado funcional del segmento afectado, ya que la espondilolistesis con inestabilidad puede "auto reducirse" sin una carga axial normal. Estas técnicas pueden demostrar signos indirectos de inestabilidad, como la presencia de osteofitos de tracción, fenómeno del vacío intradiscal o hipertrofia del ligamento amarillo. Las modalidades funcionales, como la RM cinética y las radiografías en flexión y extensión, son formas efectivas de evaluar los movimientos anormales en el segmento involucrado. Para la columna lumbar, en las radiografías de flexión-extensión, valores de 10° para la rotación sagital y un deslizamiento de 4 mm en la traslación sagital se usan

típicamente para inferir inestabilidad¹⁷. Todavía no se han establecido criterios específicos para el diagnóstico de inestabilidad de la columna cervical: en la literatura se han propuesto transiciones desde 1 mm a 3,5 mm en radiografías funcionales⁴⁷, y un deslizamiento de 3 mm parece ser un criterio confiable. Para realizar la prueba de torsión de la articulación facetaria en TAC se debe solicitar al paciente que realiza torsión de su cuerpo mientras se fija la pelvis a la mesa del tomógrafo. La importancia clínica de la prueba de torsión no está aún bien establecida.

Espondilolistesis degenerativa

La espondilolistesis degenerativa se ve con mayor frecuencia en la columna lumbar y prácticamente nunca ocurre en la columna torácica. La espondilolistesis cervical no se ha estudiado ampliamente, pero puede ser más común de lo que se pensaba anteriormente⁴⁷. Los mecanismos para presentar espondilolistesis parecen ser similares en toda la columna vertebral. La condición representa el resultado de una severa degeneración de disco. La espondilolistesis degenerativa se divide en espondilolistesis dinámica, la cual demuestra inestabilidad en las radiografías de flexión y extensión. La espondilolistesis estática no muestra evidencia radiológica de inestabilidad⁴⁸. La presencia de signos indirectos de inestabilidad, llamados líquido facetario, quistes sinoviales facetarios, líquido interespinal, hipertrofia facetaria y el fenómeno de vacío intradiscal en la RM, sugiere inestabilidad (Figura 20). Las radiografías funcionales de flexión y extensión se consideran el "gold standard" para diagnosticar la presencia de inestabilidad degenerativa en la espondilolistesis⁴⁸. El subtipo de espondilolistesis estática no necesariamente necesita instrumentación o fusión, mientras que los subtipos dinámicos pueden requerir una fijación adicional.

Espondilolistesis cervical

Se han descrito dos tipos distintos de espondilolistesis degenerativa cervical radiográficamente: tipo I, espondilolistesis adyacente: ocurre adyacente a un segmento espondilótico relativamente más rígido en la transición entre segmentos rígidos y móviles, y tipo II, espondilolistesis espondilótica: que se desarrolla dentro de segmentos cervicales espondilóticos y se asocia con degeneración discal avanzada (Figura 21)⁴⁹.

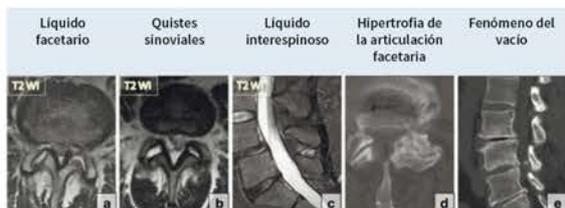


Figura 20. Características que pueden ser sugestivas de presencia de inestabilidad en espondilolistesis. (a) Líquido facetario, (b) Quistes sinoviales, (c) Líquido interespinoso, (d) Hipertrofia de la articulación facetaria y (e) Fenómeno del vacío.

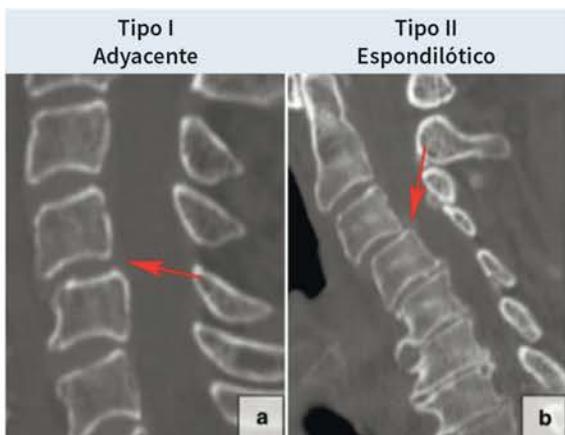


Figura 21. Clasificación de la espondilolistesis cervical degenerativa. (a) Tipo I espondilolistesis adyacente, (b) Tipo II espondilolistesis espondilótica

Espondilolistesis lumbar

Un método comúnmente utilizado para clasificar la espondilolistesis es la clasificación de Meyerding, que se basa en la relación entre la porción sobresaliente del cuerpo vertebral superior y la longitud anteroposterior del cuerpo vertebral inferior adyacente (Figura 22).

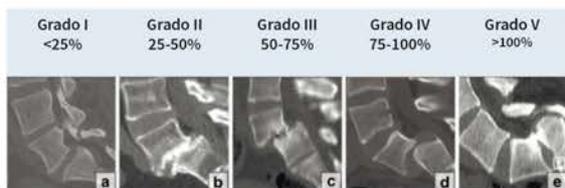


Figura 22. Clasificación de la espondilolistesis lumbar degenerativa.

Espondilosis

La espondilosis es un término no específico, común,

utilizado para describir los cambios hipertróficos de las placas terminales (osteofitos) y las articulaciones facetarias. Hay tres tipos verdaderos de osteofitos degenerativos: los osteofitos de tracción: (Figura 23a) son estructuras óseas de 2-3 mm que se proyectan en dirección horizontal, los osteofitos en garra (Figura 23b) tienen una configuración de barrido hacia la parte correspondiente del cuerpo vertebral opuesta al disco. Los osteofitos de tracción y garra coexisten con frecuencia en el mismo borde vertebral y están asociados con la inestabilidad horizontal. Son el resultado de un aumento de flexibilidad entre los cuerpos vertebrales y la producción de estrés mecánico no homogéneo del anillo fibroso y los bordes del cuerpo vertebral. Se produce posteriormente cambios escleróticos o hiperplásticos en los bordes de los cuerpos vertebrales^{50, 51}. Se desarrolla un tipo de osteofito de presión (Figura 23c) a lo largo de la inserción capsular de las articulaciones facetarias y se cree que está asociado con el proceso de inestabilidad⁴⁵.



Figura 23. Tres tipos de osteofitos relacionados con la columna degenerativa. (a) Osteofito de tracción (flecha), (b) Osteofito en garra (flecha) y (c) Osteofito envolvente (flecha)

Tratamiento

El tratamiento conservador se considera un tratamiento de primera línea para la mayoría de los pacientes con enfermedad degenerativa de la columna, a menos que la enfermedad presente síntomas neurológicos agudos, como mielopatía o síndrome de cola de caballo. Cuando el manejo conservador falla, la solicitud de nuevos exámenes de imagen y manejo quirúrgico se consideran como el siguiente paso a seguir. Dependiendo del patrón de los signos degenerativos presentes, se pueden utilizar diferentes tratamientos quirúrgicos. Los pacientes con hernias de disco sintomáticas pueden beneficiarse de microdiscectomías⁵². Si un proceso degenerativo resulta en desestabilización y movimiento espinal anormal, se pueden usar diferentes tipos de fusiones quirúrgicas para estabilizar la columna⁵³. Los implantes de fusión intercorporal se usan ampliamente para restaurar la altura del disco y soportar la columna anterior⁵⁴. Los cambios espondilóticos generalmente no requieren cirugía (Figura 24).

Cambios tipo C: Articulaciones facetarias, ligamento amarillo y canal espinal

Cambios degenerativos de las articulaciones facetarias
Las articulaciones facetarias y las articulaciones sinoviales

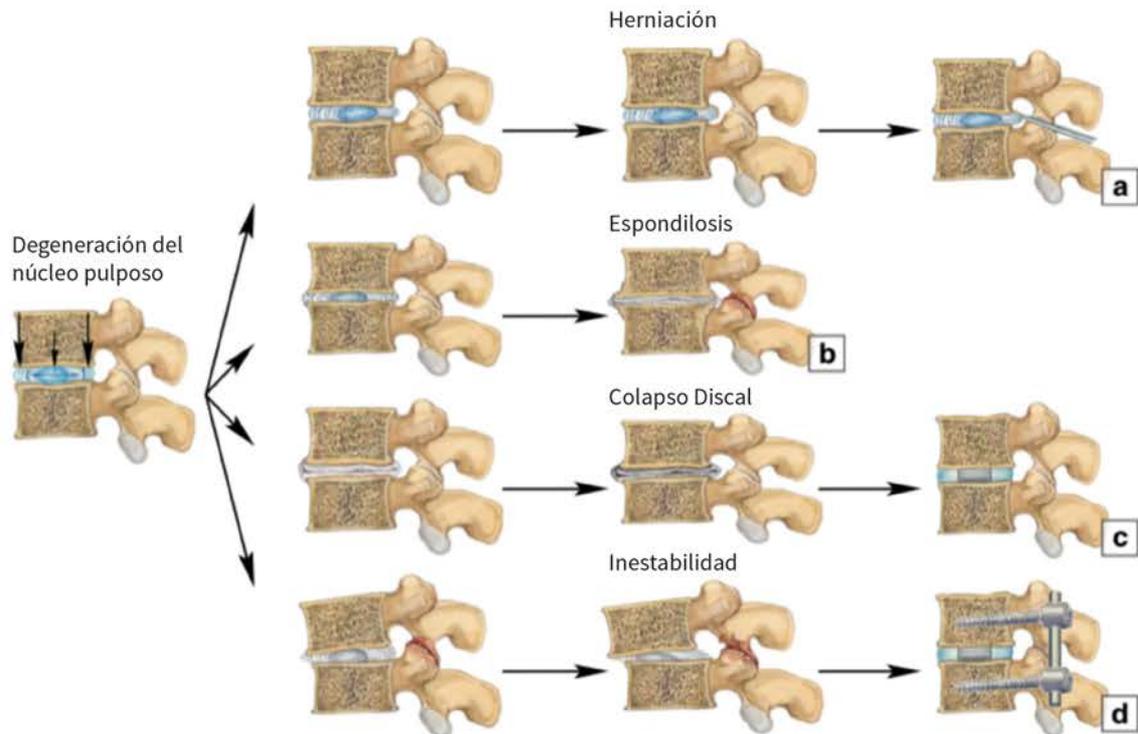


Figura 24. Opciones de tratamiento quirúrgico para cambios degenerativos. (a) Hernias. Las hernias a menudo se asocian con dolor y síntomas neurológicos y ocurren con mayor frecuencia en la columna lumbar. Las opciones de tratamiento incluyen tratamiento conservador si la hernia no comprime los nervios y extirpación quirúrgica en caso de que exista compresión neural. (b) Espondilosis. La degeneración crónica del disco produce un estrechamiento progresivo del espacio discal de leve a moderado y una formación gradual de osteofitos sin desplazamiento aparente del disco. La espondilosis se considera una reacción adaptativa para estabilizar el movimiento en presencia de inestabilidad o un mecanismo compensatorio para limitar el rango de movimiento y evitar una mayor degeneración. La biomecánica alterada del disco y el estrechamiento intervertebral conduce posteriormente a la degeneración de la articulación facetaria. Este es probablemente el tipo de degeneración más favorable, porque es esencialmente asintomático. Puede observarse en todos los niveles de la columna y, por lo general, no requiere tratamiento. (c) Colapso del disco. El colapso del disco conduce al plegamiento del anillo, abultamiento anterior de los ligamentos amarillos y abultamiento posterior del ligamento longitudinal posterior. Estos cambios producen estrechamiento del canal espinal central. La disminución de la altura del disco del segmento afectado aumenta la rigidez y puede causar degeneración vertical de los segmentos vertebrales adyacentes. (d) La falla estructural progresiva del disco para mantener la integridad de la unidad espinal funcional conduce a la inestabilidad segmentaria. Esto puede progresar a espondilolistesis degenerativa y requerir instrumentación espinal.

verdaderas están presentes en cada nivel espinal excepto entre C1-C2. Pese a que la artrosis de las articulaciones facetarias puede ocurrir independientemente y ser fuente de sintomatología, generalmente representa un proceso secundario asociado a la degeneración discal y pérdida de la altura del espacio discal. La artrosis facetaria lleva a un aumento del estrés en las articulaciones facetarias y produce una subluxación craniocaudal, artrosis y osteofitosis¹³. Se ha propuesto una escala de cuatro niveles para evaluar la osteoartrosis de la articulación facetaria⁵⁵ (Figura 25). La osteoartrosis de la articulación facetaria hipertrófica (OA) puede provocar un estrechamiento del canal central y agujeros laterales³⁹. Varios tipos de síntomas se pueden presentar con la osteoartrosis de la articulación facetaria. El tratamiento de todos los tipos de

artrosis de la columna vertebral es conservador a menos que los cambios hipertróficos causen compresión de las estructuras neuronales o de la médula espinal.

El abultamiento de la membrana sinovial a través de la cápsula de la articulación facetaria, especialmente en presencia de inestabilidad, puede provocar quistes sinoviales¹³. La mayoría (alrededor del 90%) de los quistes sinoviales se encuentran en el nivel L4-L5 y clínicamente presentan radiculopatía lumbar. En la RM, los quistes sinoviales son hiperintensos en T2-WI si hay comunicación directa con la articulación facetaria e hiperintensos en T1-WI si existe un componente hemorrágico o proteináceo. Si es clínicamente significativo, un quiste sinovial puede requerir manejo percutáneo o cirugía abierta (Figura 25).

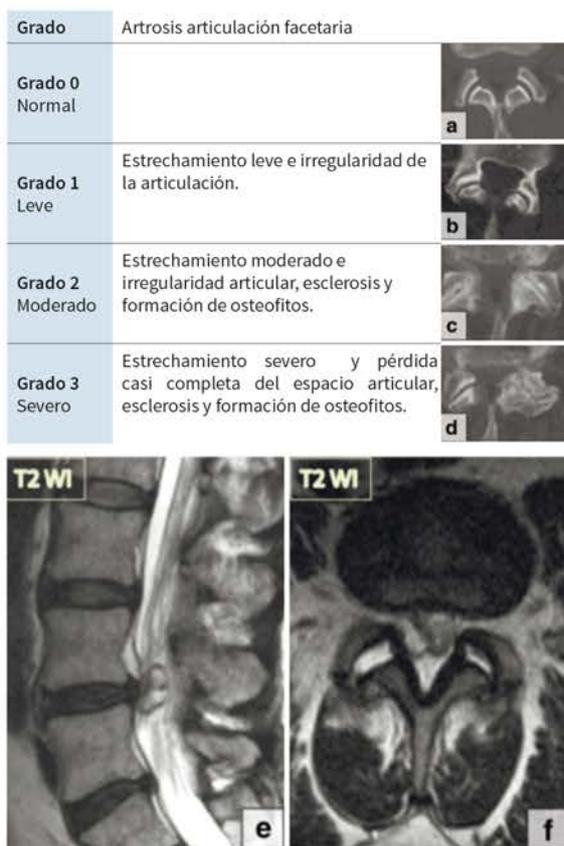


Figura 25. Cambios degenerativos de las articulaciones facetarias. (a-d) Clasificación radiográfica de osteoartrosis facetaria, (e-f) Quistes sinoviales en L4-L5. Degeneración de articulación facetaria bilateral con quiste sinovial izquierdo que compromete el aspecto dorsal izquierdo del saco tecal.

Hipertrofia del ligamento amarillo

El ligamento amarillo, llamado así debido al alto contenido de elastina amarilla, constituye aproximadamente el 60-70 % de la matriz extracelular. Se extiende desde la segunda vértebra cervical hasta la primera vértebra sacra, conectando así las dos láminas adyacentes (Figura 26a). El ligamento amarillo tiende a volverse hipertrófico con la degeneración de las fibras elásticas y la proliferación de colágeno tipo II. El engrosamiento del ligamento amarillo está correlacionado con los cambios degenerativos y la hernia discal⁵⁶. Los movimientos anormales y la inestabilidad dentro de los segmentos involucrados son posibles etiologías de la hipertrofia del ligamento amarillo. A medida que el cuerpo trata de estabilizar el segmento enfermo, el ligamento amarillo tiende a ser más duro y más grueso^{57, 58}. Posteriormente, la hipertrofia del ligamento amarillo reduce el diámetro del canal espinal y se considera un factor causal importante en el desarrollo de la estenosis espinal lumbar.

La exéresis quirúrgica es el manejo de elección para pacientes que presentan síntomas causados por hipertrofia del ligamento amarillo (Figura 26b, c).

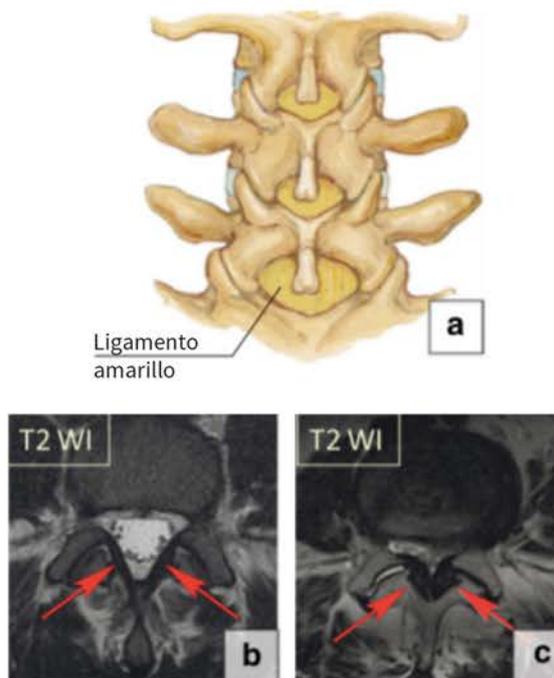


Figura 26. Ligamento amarillo. (A) Un dibujo de la anatomía normal del ligamento amarillo. (b) Ligamento amarillo normal (flechas) en cortes axiales en T2-WI. (c) Hipertrofia severa del ligamento amarillo en cortes sagitales en T2-WI (flechas). Tomar en cuenta que hay líquido en la articulación facetaria derecha, lo que sugiere inestabilidad segmentaria.

Estenosis de canal espinal

La estenosis del canal espinal se refiere a las diversas condiciones que pueden generar disminución del área total del canal espinal, los recesos laterales o los agujeros neurales⁵⁹ (Figura. 27a). Generalmente, se divide en congénitos y adquiridos. Hay cuatro factores asociados con los cambios degenerativos de la columna que causan estenosis del canal espinal: hernia de disco, osteoartrosis de la articulación facetaria hipertrófica, hipertrofia del ligamento amarillo y espondilolistesis (Figura 27b). Anatómicamente, un canal espinal con estenosis se puede dividir en central, lateral y foraminal. La estenosis puede ocurrir en cada una de estas partes, por esta razón deben evaluarse por separado. Los sistemas de clasificación basados en mediciones del canal espinal parecen poco prácticos; por lo tanto, la evaluación cualitativa de las relaciones entre las estructuras anatómicas juega un papel importante en caso de que exista la presencia de estenosis de canal espinal. El sistema de Kang para la estenosis del canal espinal cervical⁶⁰, la clasificación de Park para la estenosis lumbar central y cervical foraminal^{61, 62}, el sistema de clasificación de Bartynski para la estenosis central lumbar⁶³ y la categorización de Wildermuth de la estenosis foraminal⁶⁴ se pueden usar fácilmente en la práctica clínica. Los sistemas propuestos son consistentes y directos: el grado 0 significa que no hay estenosis, el grado 1 es estenosis leve, el grado 2 se refiere a estenosis moderada y el grado 3 indica estenosis grave^{63, 64}.

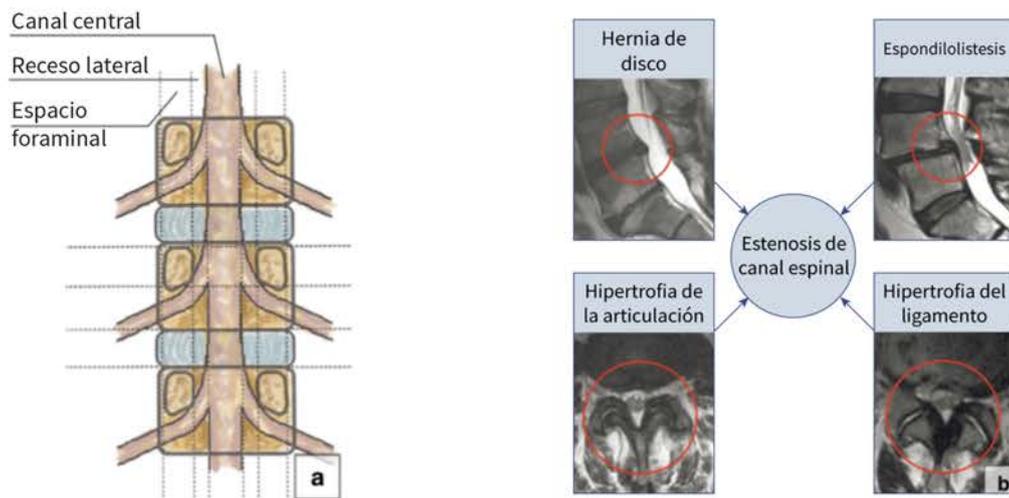


Figura 27. Canal espinal. (a) Canal espinal normal. La porción central del canal espinal está rodeada lateralmente por el receso lateral, dorsalmente por el arco vertebral y ventralmente por el cuerpo vertebral y discos. El receso lateral está bordeado lateralmente por el pedículo, dorsalmente por la faceta articular superior y ventralmente por el cuerpo vertebral y discos. El espacio foraminal está bordeado por los pedículos cefálicos y caudales, dorsalmente por las articulaciones facetarias y el cuerpo vertebral y discos ventrales. El espacio extraforaminal es lateral al foramen. (b) Estenosis del canal espinal. Hay cuatro causas principales de estenosis degenerativa del canal espinal: hernia de disco, osteoartritis de la articulación facetaria hipertrófica, hipertrofia del ligamento amarillo y espondilolistesis degenerativa.

Estenosis de canal cervical

Un sistema de clasificación por RMN clasifica la estenosis del canal central cervical en grados: grado 0 (sin estenosis), grado 1 (obliteración de menos del 50% del espacio subaracnoideo sin ningún signo de deformidad del cordón), grado 2 (estenosis del canal central con deformidad de la médula ósea sin cambio de señal) y grado 3 (estenosis con mayor intensidad de señal de la médula espinal que refleja mielomalacia) (Figura 28)⁶⁰. La gravedad de la estenosis foraminal en la columna cervical se puede evaluar utilizando un sistema de clasificación de tres niveles: el grado 0 se refiere a la ausencia de estenosis

foraminal; grado 1 denota estenosis foraminal leve que muestra obliteración parcial de la grasa perineural que rodea la raíz sin evidencia de cambios morfológicos en la raíz nerviosa (menos del 50% de la circunferencia de la raíz); el grado 2 es estenosis foraminal moderada (menos del 50% de la circunferencia de la raíz) con obliteración casi completa de la grasa perineural que rodea la raíz nerviosa sin cambios morfológicos en la raíz; el grado 3 indica estenosis foraminal severa que demuestra colapso de la raíz nerviosa⁶¹(Figura 28).

Grado	Canal Central	Foraminal
Grado 0 Normal		
Grado 1 Leve	Obliteración del canal subaracnoideo menor al 50% sin señal de deformidad de la médula espinal.	Obliteración de la circunferencia de la grasa perineural menor al 50%. Sin cambios morfológicos en la raíz nerviosa.
Grado 2 Moderado	Estenosis de canal central con deformidad de la médula espinal pero sin cambios evidentes en la médula ósea.	Obliteración de la circunferencia de la grasa perineural mayor al 50%. Sin cambios morfológicos en la raíz nerviosa.
Grado 3 Severo	Aumento de la intensidad de la señal de la médula ósea en el segmento comprimido en T2.	Colapso y cambios morfológicos de la raíz nerviosa. Obliteración severa de la grasa perineural.

Figura 28. Sistema de clasificación de estenosis central y foraminal en la columna cervical.

Estenosis de canal lumbar

La estenosis central del canal espinal de la columna lumbar se puede clasificar según la agregación de los nervios de la cola de caballo. El grado 1 (estenosis leve) es cuando el espacio anterior del LCR está levemente obliterado, pero todos los nervios de la cola de caballo están claramente separados entre sí. El grado 2 (estenosis moderada) indica agregación de la cola de caballo, mientras que el grado 3 (estenosis severa) tiene toda la cola de caballo como un paquete (Figura 29)⁶².

La estenosis lateral del canal lumbar se puede clasificar en: grado 0, sin estenosis; grado 1, estenosis leve, donde hay estrechamiento del receso lateral sin aplanamiento o compresión de la raíz; grado 2, estenosis moderada, donde se produce un mayor estrechamiento

del receso lateral con aplanamiento de la raíz, pero existe cierta preservación del espacio lateral; grado 3, estenosis severa, en la cual hay compresión severa de la raíz con estrechamiento severo y obliteración completa del espacio del LCR que lo rodea o lateral a la raíz nerviosa (Figura 29)⁶³.

La estenosis foraminal lumbar puede estar ausente (grado 0), leve (grado 1, con deformidad de la grasa epidural, pero hay grasa restante que aún rodea la raíz nerviosa), moderada (grado 2, con estenosis foraminal marcada donde la grasa epidural solo rodea parcialmente la raíz nerviosa) y severa (grado 3 o estenosis avanzada, con obliteración completa de la grasa epidural foraminal) (Figura 29)⁶⁴.

Grado	Canal Central	Receso lateral	Foraminal
Grado 0 Normal			
Grado 1 Leve	El espacio anterior del LCR está levemente obliterado, los nervios de la cola de caballo están claramente separados.	Estrechamiento del receso lateral sin aplanamiento o compresión de las raíces nerviosas.	Estenosis foraminal leve.
Grado 2 Moderado	Agregación de la cola de caballo.	Estrechamiento del receso lateral con aplanamiento y se preserva algo del espacio lateral de la raíz nerviosa en el receso lateral.	Estenosis foraminal moderada (más del 50%)
Grado 3 Severo	Toda la cola de caballo está formada como un haz.	Compresión severa de la raíz nerviosa, estrechamiento severo y obliteración del espacio LCR alrededor o lateral a la raíz nerviosa.	Estenosis foraminal severa (raíz nerviosa colapsada).

Figura 29. Clasificación de la gravedad de la estenosis central, lateral y foraminal en la columna lumbar.

Otros hallazgos en la columna degenerativa

Articulación atlanto-occipital

Los síntomas de presentación de la osteoartritis de la articulación atlanto-occipital son similares a los síntomas del segmento atlanto-axial; los pacientes tienen dolor suboccipital unilateral constante⁶⁵ (Figura 30).

Articulaciones atlanto-axiales laterales

La incidencia de osteoartritis atlanto-axial lateral en la población de edad avanzada varía de 4% a 18%⁶⁶. Los pacientes con artritis atlanto-axial pueden sufrir dolor suboccipital que se ve exacerbado por la rotación de la cabeza y distinto de otros tipos de cervicalgia y dolores de cabeza. La gravedad de la osteoartritis se clasifica como nula, leve, moderada y grave en cada articulación⁶⁷ (Figura. 30).

Articulación atlanto-odontoidea

La articulación atlanto-odontoidea contribuye entre un 40% y 70% de la rotación total de la columna cervical⁶⁸. La incidencia de cambios degenerativos en esta articulación en la población normal es bastante alta, con un 42% en

la séptima década y un 61% en la octava década⁶⁹. La gravedad de la osteoartritis puede calificarse como nula, leve, moderada y grave⁶⁷. Raramente la OA atlanto-odontoidea complicada con cambios hipertróficos es la causa de mielopatía cervical⁷⁰ (Figura 30).

Articulaciones uncovertebrales

El proceso uncinado y la articulación uncovertebral son también importantes para proporcionar estabilidad y movimiento de la columna cervical con degeneración; La degeneración se vuelve clínicamente evidente con la compresión de la raíz nerviosa adyacente y la arteria vertebral^{71,72} (Figura 31).

Hiperostosis esquelética difusa idiopática (DISH) de la columna vertebral o enfermedad de Forestier

La condición se caracteriza por una osificación continua de ligamentos y de los sitios de inserción de ligamentos y tendones de la columna vertebral. Los puentes óseos espinales se forman a lo largo del ligamento longitudinal anterior en una orientación más horizontal, principalmente en el lado derecho⁷³. Los criterios de clasificación comúnmente aceptados son los de

Grado	Canal Central	Atlanto-occipital	Atlanto-odontoidea	Lateral atlanto-axial
Grado 0 Normal				
Grado 1 Leve	Estrechamiento del espacio articular o espacio normal con formación de osteofitos.			
Grado 2 Moderado	Espacio articular obliterado con o sin formación de osteofitos.			
Grado 3 Severo	Anquilosis de la articulación con crecimiento o calcificaciones del ligamento transverso o ambos.			

Figura 30. Clasificación de la gravedad de los cambios degenerativos de las articulaciones atlanto-occipital, atlanto-odontoidea y atlanto-axial lateral.

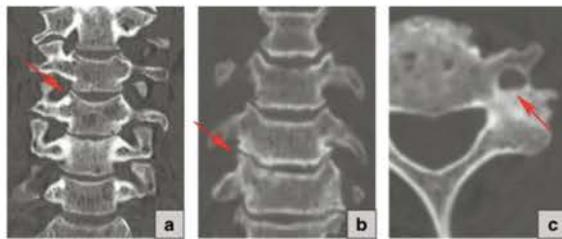


Figura 31. Articulación uncovertebral. (a) Articulación uncovertebral normal. La articulación (flecha) está formada por procesos uncinados arriba y abajo. (b) Artrosis uncovertebral. Los cambios degenerativos que involucran articulaciones uncovertebrales conducen a artrosis (flecha). (c) Artrosis hipertrófica uncovertebral. Los cambios degenerativos hipertróficos en la articulación uncovertebral pueden producir un estrechamiento del foramen transverso (flecha) e incluso comprometer la arteria vertebral.

Resnick y Niwayama. Se requieren osteofitos que fluyen sobre cuatro cuerpos vertebrales y, adicionalmente, la preservación del espacio discal intervertebral⁷⁴. La anquilosis de la columna vertebral en pacientes con DISH aumenta cuatro veces más el riesgo de fractura espinal; Las fracturas pueden ocurrir incluso después de un trauma de baja energía y a menudo son fracturas inestables⁷⁵.

DTI / tractografía y la columna degenerativa

La proyección de imagen del tensor de la difusión ha encontrado aplicaciones clínicas en la evaluación de la médula espinal comprimida, las raíces nerviosas y la visualización de tractos nerviosos anormales^{76,77}.

Hiperostosis esquelética difusa idiopática (DISH) de la columna vertebral o enfermedad de Forestier

La condición se caracteriza por una osificación continua

de ligamentos y de los sitios de inserción de ligamentos y tendones de la columna vertebral. Los puentes espinales óseos gruesos se forman a lo largo del ligamento longitudinal anterior en una orientación más horizontal, principalmente en el lado derecho⁷³. Los criterios de clasificación comúnmente aceptados son los de Resnick y Niwayama. Se requieren osteofitos que fluyen sobre cuatro cuerpos vertebrales y, adicionalmente, la preservación del espacio discal intervertebral⁷⁴. La anquilosis de la columna vertebral en pacientes con DISH aumenta cuatro veces más el riesgo de fractura espinal; Las fracturas pueden ocurrir incluso después de un trauma de baja energía y a menudo son fracturas inestables⁷⁵.

DTI / tractografía y la columna degenerativa

La proyección de imagen del tensor de la difusión ha encontrado aplicaciones clínicas en la evaluación de la médula espinal comprimida, las raíces nerviosas y la visualización de tractos nerviosos anormales^{76,77}.

Senescencia de la columna vertebral

La senescencia de la columna vertebral es una parte normal del envejecimiento⁷⁸. Se asemeja a los cambios degenerativos de otros tejidos ricos en colágeno y no se ve asociación con el dolor¹¹. Con la edad, los discos intervertebrales se vuelven más secos, fibrosos y rígidos debido a la disminución de retención de agua, lo que los hace menos capaces de recuperarse de la deformación. Sin embargo, el límite entre el envejecimiento fisiológico del disco y los cambios degenerativos tempranos no siempre está claro, ya que en la mayoría de los casos el envejecimiento y los cambios degenerativos no difieren sustancialmente en las imágenes. Los hallazgos de imagen que no están asociados con la senescencia y deben considerarse como degenerativos incluyen fisuras anulares, hernias de disco, cambios en la placa terminal, cambios degenerativos en la médula ósea, inestabilidad / espondilolistesis y estenosis del canal espinal.

Causas metabólicas de los cambios degenerativos

Las mucopolisacaridosis (síndrome de Hunter, síndrome de Sanfilippo, síndrome de Morquio), diabetes mellitus y ocronosis se consideran causas específicas de cambios degenerativos^{79, 80}. Las mucopolisacaridosis tienen un impacto directo en el cartílago y el desarrollo óseo, lo que produce cambios degenerativos anticipados en la columna vertebral (Figura 32). Los discos intervertebrales de pacientes con diabetes mellitus tienen contenido de hexosamina disminuido, deficiencias en la síntesis de proteoglicanos y concentraciones reducidas de queratosulfato, que es un componente importante de los proteoglicanos³. La ocronosis produce depósitos de un pigmento negro derivado del ácido homogentísico, que aparentemente impide el metabolismo normal de la matriz del disco³.



Figura 32. Cambios degenerativos secundarios de la columna. Corte sagital en T2-WI de un hombre de 17 años con síndrome de Hunter. Se evidencia cambios degenerativos del núcleo pulposo multinivel, cambios avanzados en la placa terminal y desplazamientos focal de disco. El cuerpo vertebral L2 muestra lesión anterior, lo que resulta en leve cifosis.

Aspectos clínicos de la enfermedad degenerativa de la columna y reportes.

El rol de los exámenes de imagen es proporcionar información morfológica precisa e influir en la toma de decisiones terapéuticas³⁹. La presencia de cambios degenerativos no necesariamente es un indicador de síntomas. En la mayoría de los casos, cuando los pacientes con enfermedades degenerativas de la columna son derivados para realizarse estudios de imagen, los médicos buscan respuestas a dos preguntas simples: ¿cuál es la causa del dolor o los síntomas neurológicos del paciente?, y ¿qué opción de tratamiento debe considerarse principalmente en esta situación particular? Por lo tanto, estos hallazgos de imagen deben interpretarse

en el contexto de la condición clínica del paciente. En la mayoría de los casos, incluso en casos avanzados de enfermedad degenerativa de la columna vertebral con afectación multinivel, es posible identificar una causa principal del problema del paciente o proporcionar una lista de posibles opciones o causales para que el médico pueda seleccionar la respuesta correcta basado en la presentación, en los síntomas clínicos y en el examen físico del paciente.

Agradecimientos

Nos gustaría expresar nuestro agradecimiento a Irina Nefedova, una artista ucraniana, por dibujar las increíbles ilustraciones.

Acceso abierto

Este artículo se distribuye bajo los términos de Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que usted proporcione crédito apropiado para el autor original y la fuente, proporcionar un enlace a la licencia Creative Commons e indicar si se realizaron cambios.