

ELASTOGRAFÍA SHEAR WAVE DE LOS DISCOS INTERVERTEBRALES

Paola Villar Ortega¹, José Antonio Miras Ventura¹,
Patricia García Pérez, Patricia Morillo Moreno-Torres¹.

¹Hospital Universitario San Cecilio, Granada.

OBJETIVOS

Revisar las bases físicas de la elastografía de ondas de corte (SWE) aplicada a la patología músculo-esquelética. Conocer la anatomía ecográfica para la valoración de los discos intervertebrales. Determinar si existen diferencias entre los controles sanos y personas que presenten patología discal intervertebral demostrada por otra prueba de imagen.

INTRODUCCIÓN

La elastografía ecográfica, introducida en la práctica clínica en los años 90, se basa en las propiedades mecánicas de los tejidos para obtener imágenes. Para ello, el transductor capta la elasticidad de cada tejido, definida como su capacidad para recuperar su forma original tras la aplicación de una fuerza. Mediante ondas tipo ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse), el transductor genera ondas de cizallamiento que deforman el tejido, proporcionando valores de velocidad y resistencia en kPa.

Estas ondas ejercen una fuerza localizada en pequeñas áreas de tejido durante breves periodos de tiempo, lo que permite obtener información sobre la rigidez tisular. El desplazamiento tisular resultante es inversamente proporcional a su rigidez: a mayor desplazamiento, menor rigidez. La aplicación de la onda acústica se focaliza en la región de interés para el examinador, siguiendo los estándares de cualquier técnica de imagen.

PRINCIPIOS FÍSICOS

Desde una perspectiva física, la elastografía busca medir la rigidez de los tejidos mediante el módulo de elasticidad longitudinal, también conocido como módulo de Young. Este parámetro define las propiedades elásticas del material en función de la dirección en la que se aplica una fuerza. Esta caracterización es crucial en la práctica clínica, dado que los tejidos del cuerpo humano exhiben variaciones significativas en su elasticidad. El módulo de elasticidad tisular se fundamenta en el principio de que una fuerza externa aplicada al tejido induce un movimiento, cuyo análisis posterior permite su clasificación en dos métodos: estático y dinámico.

1.1 Método cuasiestático

En este método, se ejerce una fuerza compresiva sobre el tejido en estudio y se evalúa su desplazamiento en comparación con una imagen de referencia. Este desplazamiento tisular se analiza correlacionándolo con modelos en 2D de ecografía tradicional, utilizando imágenes en modo B. Fue el primer enfoque desarrollado en el campo de la elastografía por el grupo de Ophir en 1991, inicialmente en tejido animal. Con el tiempo, este método se ha incorporado en numerosos equipos de ultrasonido comerciales.

1.2 Método dinámico

Este enfoque se fundamenta en ondas de cizallamiento, donde se aplican fuerzas variables en el tiempo al tejido. Estas fuerzas pueden generar ondas compresionales de propagación rápida o bien ondas de corte que se desplazan más lentamente. La ventaja de los métodos dinámicos radica en su capacidad para ofrecer una mayor resolución de imagen a través del módulo de elasticidad longitudinal. Sin embargo, el análisis de las ondas de corte implica un estudio más complejo debido a la necesidad de describir desplazamientos tisulares mucho más pequeños.

APLICACIONES CLÍNICAS DE LA ELASTOGRAFÍA

La elastografía nos proporciona información crucial sobre la rigidez de los tejidos, lo cual es de suma importancia en la detección de diversas patologías donde los cambios en la elasticidad tisular desempeñan un papel fundamental. Un ejemplo destacado es la fibrosis hepática, que constituye el principal campo de aplicación actual de la elastografía. Esta técnica nos permite evaluar la disminución de la elasticidad del tejido hepático, proporcionando información invaluable que de otro modo sería inaccesible, excepto, quizás, mediante palpación, lo cual resulta impracticable en la mayoría de los casos clínicos debido a las limitaciones para alcanzar órganos profundos.

Además, la elastografía se utiliza para orientar punciones o biopsias en masas que pueden albergar focos tumorales, así como para evaluar y guiar el tratamiento. A continuación, se presentan algunos ejemplos concretos de aplicaciones clínicas de la elastografía:

- Evaluación de nódulos tiroideos detectados por ecografía: La elastografía revela alteraciones en la elasticidad de estos nódulos, lo que puede indicar su potencial maligno al mostrar una menor elasticidad en comparación con el tejido circundante.
- Caracterización de masas de origen desconocido: Cuando una masa parece isoecogénica en la ecografía, la elastografía puede ayudar a diferenciar entre lipomas y otras lesiones, identificando aquellas que presentan la misma elasticidad que el tejido adiposo circundante.
- Detección de esteatohepatitis: La elastografía facilita la detección y evaluación del grado de fibrosis periportal asociada con esta patología hepática, evitando así la necesidad de recurrir a técnicas invasivas como la biopsia hepática.

B. DISCOS INTERVERTEBRALES

En la actualidad, las enfermedades degenerativas de la columna vertebral son una de las principales causas de discapacidad en personas en edad laboral, lo que genera una considerable cantidad de solicitudes de pruebas de imagen.

Con la resonancia magnética siendo la prueba de referencia para el estudio del dolor lumbar, surge la necesidad de explorar nuevos métodos que puedan abordar la evaluación de estas patologías, aliviando así los problemas actuales relacionados con los costos y la alta demanda asociados a dicha técnica.

En este contexto, la elastografía de los discos intervertebrales emerge como una posible alternativa para evaluar la salud discal, ofreciendo la posibilidad de evitar la realización de resonancias magnéticas en ciertos segmentos de la población.

ANATOMÍA DISCAL

El disco intervertebral se encuentra formado por el núcleo pulposo interno y el anillo fibroso externo, el cual se une a la placa terminal del cartílago en sus porciones superior e inferior. Los discos intervertebrales se localizan en toda la columna vertebral a excepción del segmento C1-C2, donde no existe disco intervertebral. Estos discos sufren variaciones morfológicas dependiendo del segmento de la columna vertebral en el que se encuentren, ya que los discos intervertebrales de la región lumbar poseen más altura y presentan un anillo fibroso externo más grueso que en la columna torácica, y cervical.

2.1 Degeneración discal

La etiopatogenia de la degeneración discal se basa en la pérdida de proteoglicanos que se traducen en una deshidratación del disco. El disco enfermo estará sometido a más carga y se producen lesiones a consecuencia. De la misma, como son las fisuras y la pérdida de altura del disco.

En la resonancia magnética los hallazgos principales que podemos encontrar en la degeneración discal son:

Pérdida de la hiperintensidad de señal T2 del núcleo pulposo.

Pérdida de la diferenciación entre el núcleo pulposo y el anillo fibroso.

Pérdida de altura del disco intervertebral y abombamientos discales.

Existen una serie de sistemas que evalúan mediante RM la afectación de la degeneración en el disco intervertebral, el más conocido se basa en la clasificación de Pfirrmann, que fue posteriormente modificada por Griffith et al., en el año 2.007

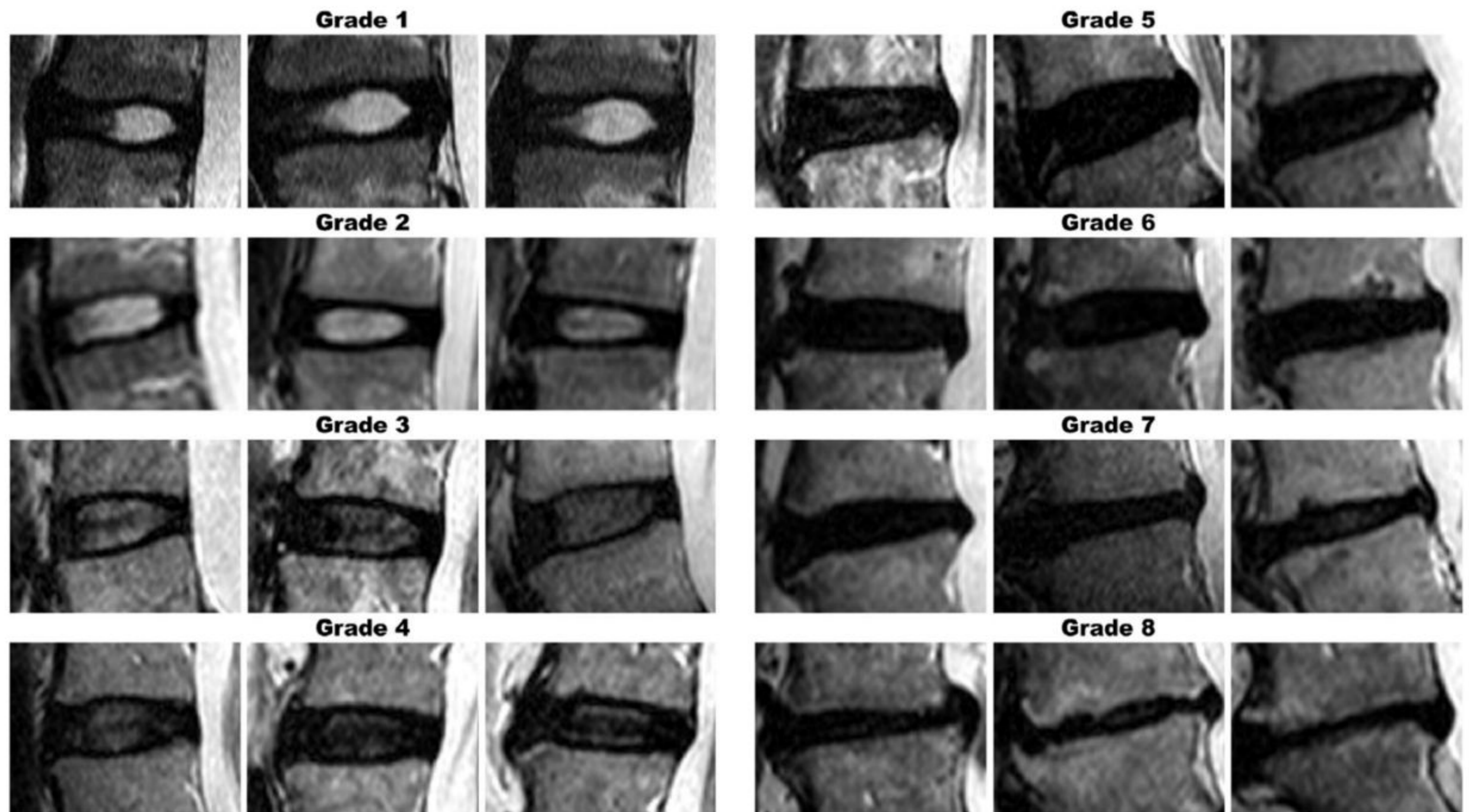


Figura 1: Clasificación de Pffirman modificada por Griffith en at., 2.007. Se aprecian los diferentes grados de degeneración discal en función de la severidad de los hallazgos radiológicos.

A modo de resumen, estos son los hallazgos que encontraríamos en cada uno de los grados de dicha clasificación:

Grado I: El disco es homogéneo con intensidad de señal hiperintensa y altura del disco normal.

Grado II: El disco no es homogéneo pero mantiene la señal hiperintensa. El núcleo y el anillo están claramente diferenciados. La altura del disco es normal.

Grado III: El disco no es homogéneo con una intensidad de señal discretamente hipointensa. La distinción entre núcleo y anillo no está clara. La altura del disco es normal o ligeramente disminuida.

Grado IV: El disco no es homogéneo con una intensidad de señal marcadamente hipointensa. No hay distinción entre el núcleo y el anillo. La altura del disco está ligera o moderadamente disminuida.

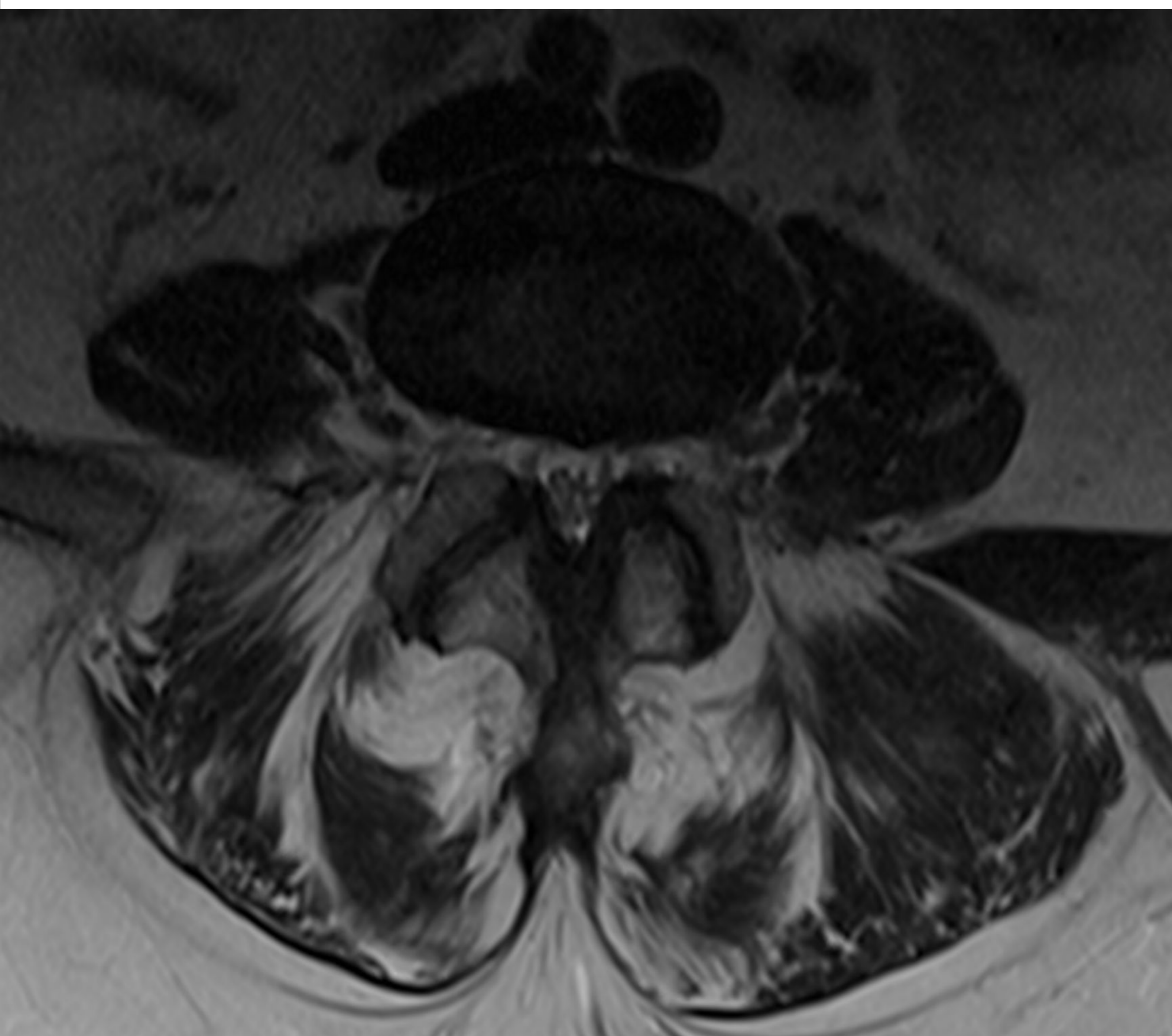
Grado V: El disco no es homogéneo con una intensidad de señal totalmente hipointensa. No hay ninguna diferencia entre el núcleo y el anillo. El espacio discal está colapsado.

Existen otros cambios degenerativos que afectan a los discos intervertebrales y que no están contemplados en la clasificación previamente mencionada. En primer lugar, destacan los fenómenos de vacío (Lafforgue et al., 1997), los cuales implican la acumulación de nitrógeno dentro de los desgarros del disco. Este proceso es rápido, parece estar relacionado con la postura y frecuentemente se asocia con segmentos inestables. El gas intradiscal se presenta como hipointenso en imágenes de resonancia magnética tanto en secuencias T1 como en T2, lo que puede dificultar su identificación.

Asimismo, dentro del disco intervertebral también puede acumularse líquido, lo cual está estrechamente relacionado con la presencia de fenómenos de vacío, cambios edematosos (Modic 1) y anomalías de la placa terminal. Estos casos suelen mostrar una alta señal en secuencias T2 intradiscales, lo que puede generar una apariencia similar a la espondilodiscitis cuando se combina con cambios de Modic 1.

2.2 Abombamiento discal

Se trata de un abombamiento difuso de las fibras del anillo fibroso externo que supera los límites del disco intervertebral y que afecta a más de un cuarto (25 % o 90°) de la circunferencia de un disco intervertebral.



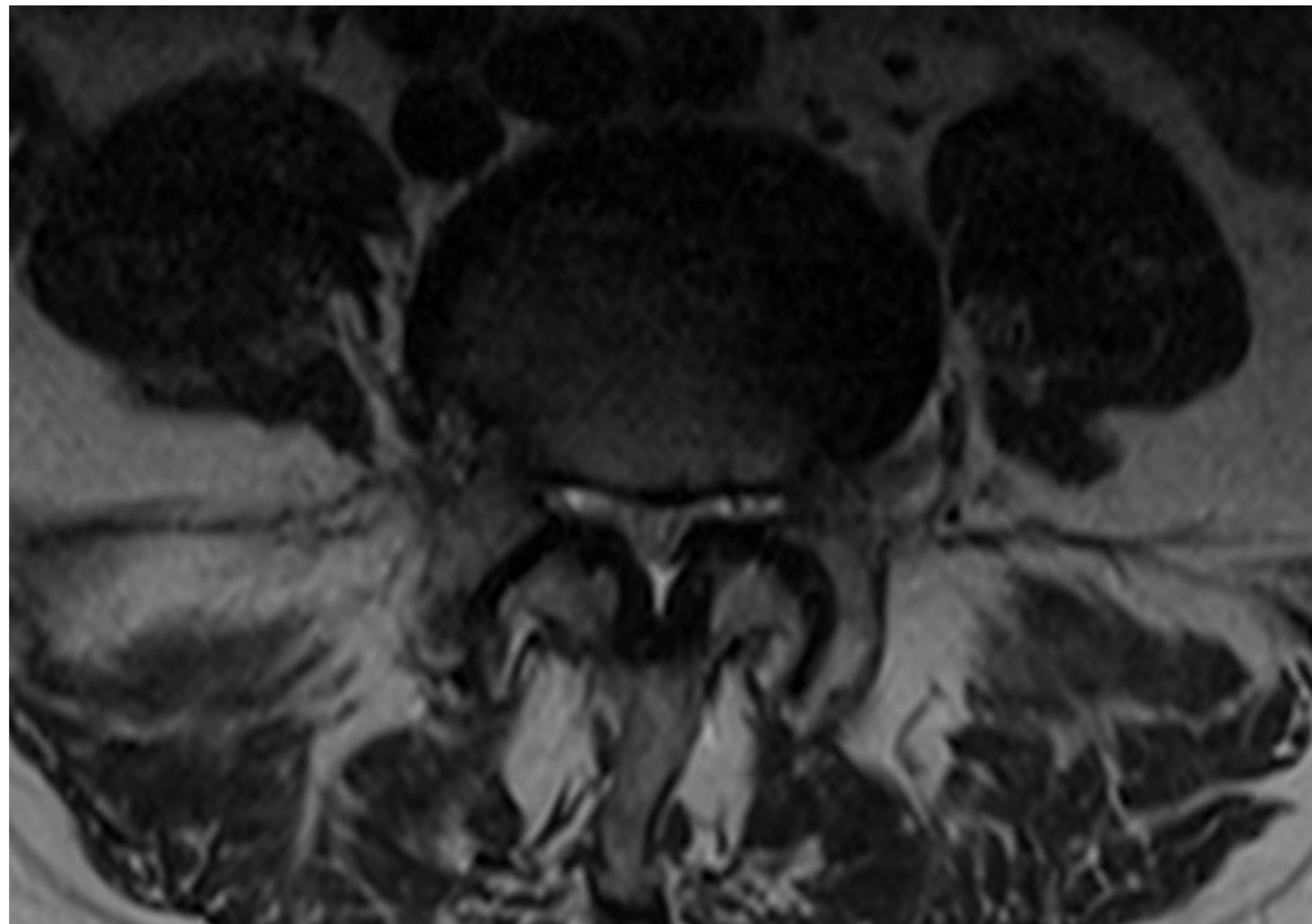
Figuras 2 y 3: RM con cortes axiales y sagitales de secuencia T2 con saturación grasa con abombamientos discales difusos multinivel.

2.3 Hernias discales

Consiste en un desplazamiento localizado del disco intervertebral. La diferencia con el abombamiento discal se basa en que ocupa menos del 25% de la circunferencia medida en el plano axial. Las hernias discales presentan múltiples clasificaciones, pero básicamente se pueden subdividir en tres tipos atendiendo al criterio morfológico:

Protrusión: El diámetro mayor de la hernia es el de la base de la misma.

Extrusión: El diámetro mayor de la hernia es el de los bordes discales. El contenido extruido puede estar migrado o no migrado.



Figuras 4 y 5: Cortes sagital y axial a nivel L4-L5 de RM donde se visualiza estenosis del canal medular grado 3 de Lee (severa).

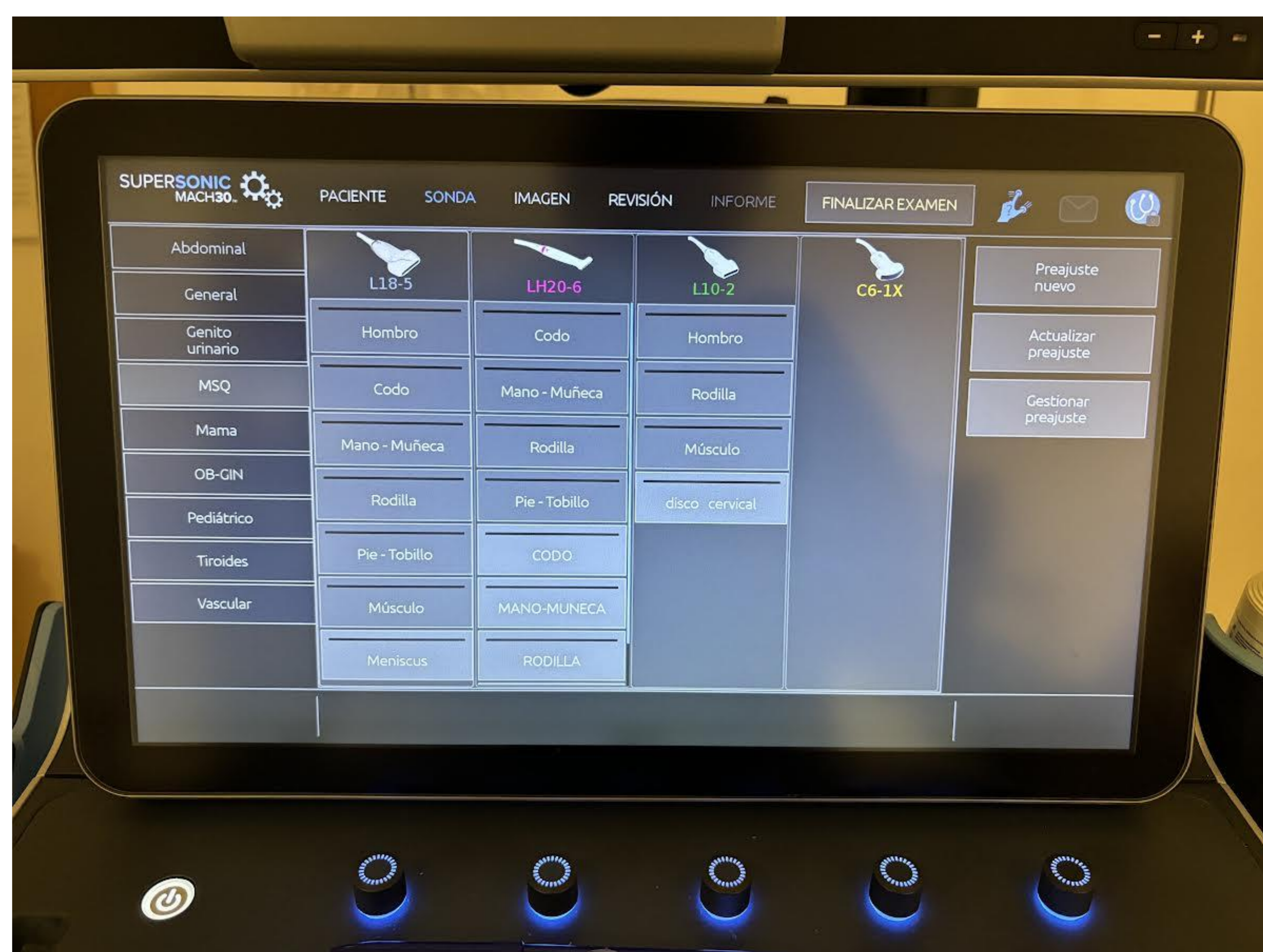
PROTOCOLO DE EXPLORACIÓN

Todos los participantes se realizará en primer lugar un estudio ecográfico morfológico de los discos intervertebrales y posteriormente una elastografía shear wave. Estas exploraciones serán llevadas a cabo por radiólogos expertos formados para tal fin. Al realizar la elastografía, se aplicará la menor cantidad de presión manteniendo el contacto del transductor con la piel con gel. Se debe evitar la aparición de anisotropía mediante la angulación del transductor. El paciente debe adoptar una posición adecuada para la exploración. Actualmente no existe un número de mediciones estandarizado, por lo que llevan a cabo un total de 5 mediciones.

Los pacientes deben colocarse en decúbito supino, para acceder con el transductor fácilmente a los discos intervertebrales, adquiriendo las imágenes con la sonda colocada transversalmente a nivel de C6-C7 o C7-T1.

Para la adquisición de los datos será necesario colocar la región de interés (ROI) en el modo B en el anillo fibroso, siendo el tamaño estándar de aproximadamente 3,5 x 8 mm.

Las imágenes inválidas para el estudio que se encuentren artefactadas serán descartadas.



Figuras 6 y 7: Ecógrafo Canon Aplio i800 Imaging o Supersonic Imagine Mach 30, con un transductor lineal Pvl 1005 bt en modo b y Doppler color.

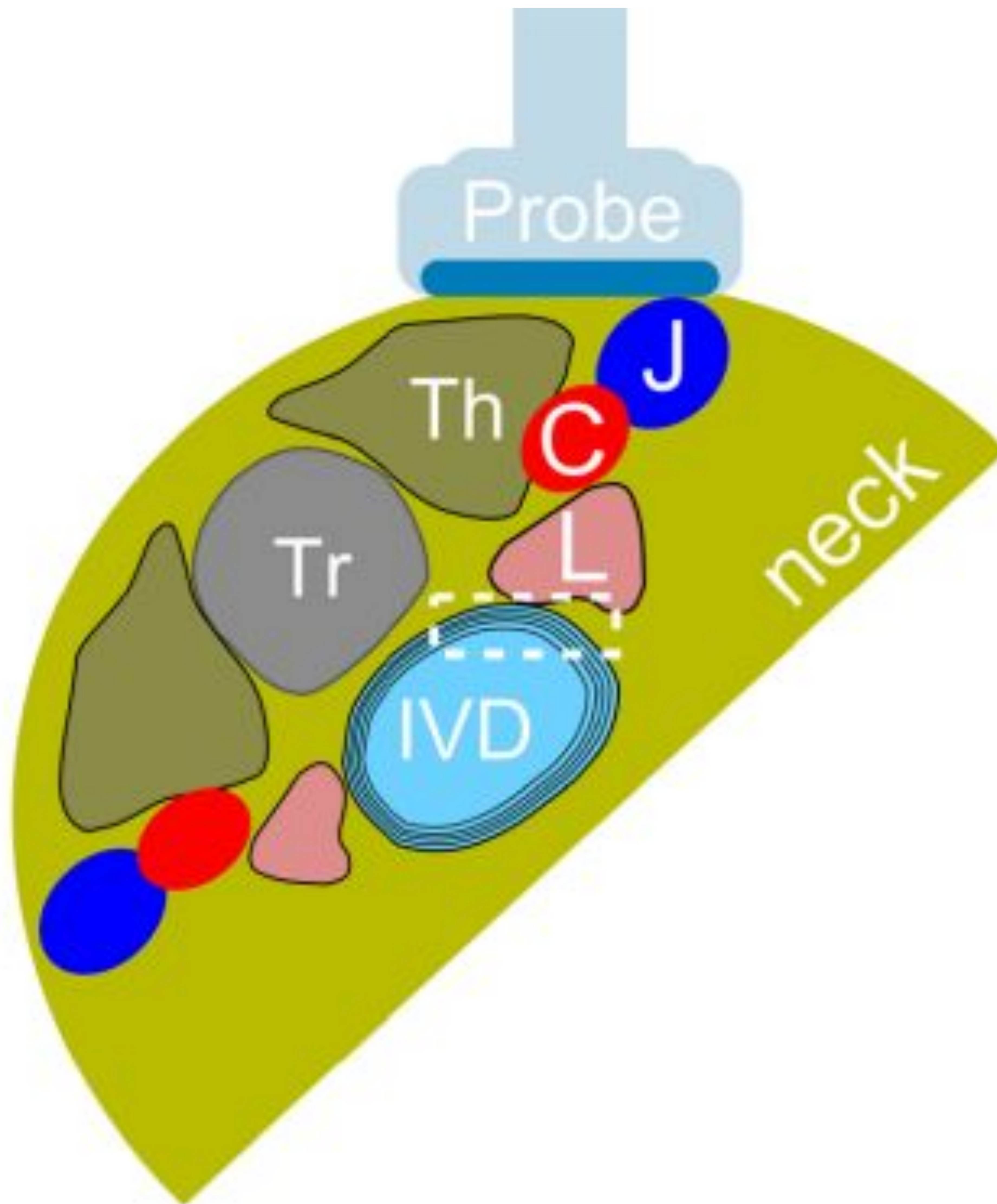


Figura 8: Tomado de Vergari et al., 2014. Ejemplo esquemático de corte transversal a nivel del disco intervertebral de C6-C7 y estructuras relacionadas. glándula tiroides (Th), la tráquea (Tr), la arteria carótida (C), la vena yugular (J) y el músculo longus colli (L)

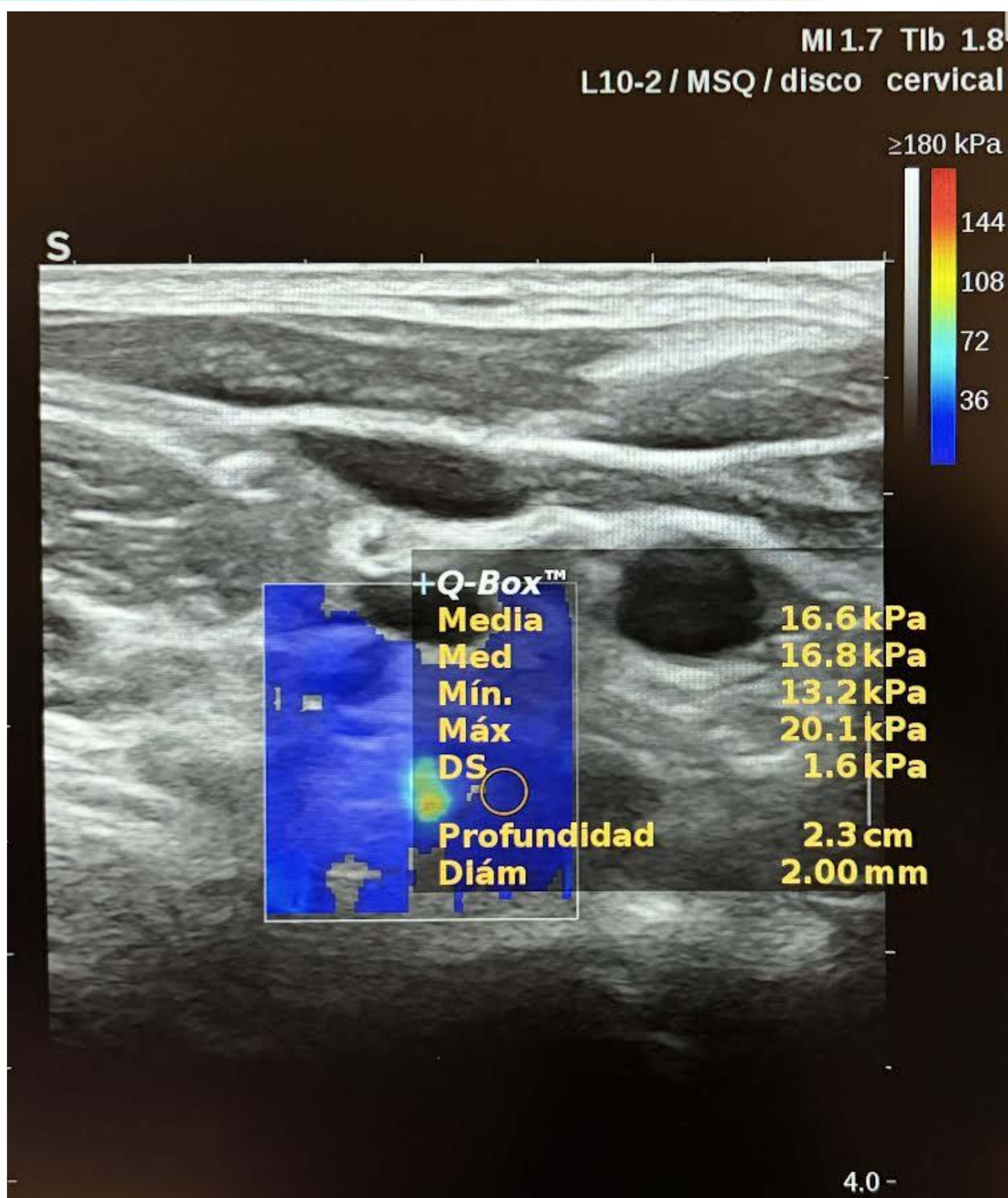


Figura 9: Elastografía obtenida mediante abordaje transversal del disco cervical.

CONCLUSIÓN

Existen pocos estudios en la literatura sobre la aplicación clínica de la elastografía de los discos intervertebrales, si bien pretende la detección de patología degenerativa de los discos intervertebrales para garantizar un manejo óptimo y un tratamiento adecuado que mejoren significativamente la calidad de vida de los pacientes y reduzcan la morbilidad asociada al proceso, así como poder reducir costes en relación con la incapacidad a largo plazo y la pérdida de productividad económica derivada de estas patologías.

BIBLIOGRAFÍA

- Ophir J, Céspedes I, Ponnekanti H, Yazdi Y, Li X. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason Imaging*. 1991; (2):111-34.
- Vergari C, Rouch P, Dubois G, Bonneau D, Dubousset J, Tanter M, Gennisson JL, Skalli W. Non-invasive biomechanical characterization of intervertebral discs by shear wave ultrasound elastography: a feasibility study. *Eur Radiol*. 2014 Dec;24(12):3210-6.
- Vergari C, Rouch P, Dubois G, Bonneau D, Dubousset J, Tanter M, Gennisson JL, Skalli W. Intervertebral disc characterization by shear wave elastography: An in vitro preliminary study. *Proc Inst Mech Eng H*. 2014 Jun;228(6):607-615.