

Comparación de la secuencia T2 DIXON frente a la secuencia STIR en la detección de alteraciones de la médula ósea

Paula Sobral Viñas¹, Eloísa Santos Armentia², Noelia Silva Priegue ¹

¹Hospital Ribera Povisa, Vigo.

²Hospital Álvaro Cunqueiro, Vigo.

Introducción

- La **resonancia magnética (RM)** es la técnica de imagen de elección no invasiva para la valoración de la columna vertebral.
 - En el protocolo habitual se incluyen secuencias T1, T2 y secuencias **con supresión de la señal grasa** para evaluar las alteraciones de señal de la médula ósea, como la secuencias STIR y T2 DIXON (1).
-

Introducción

- La **secuencia DIXON** posibilita una supresión de la grasa de gran calidad, reducen los artefactos de susceptibilidad magnética y permiten cuantificar la grasa de la médula ósea a partir de una única adquisición (2) (3).

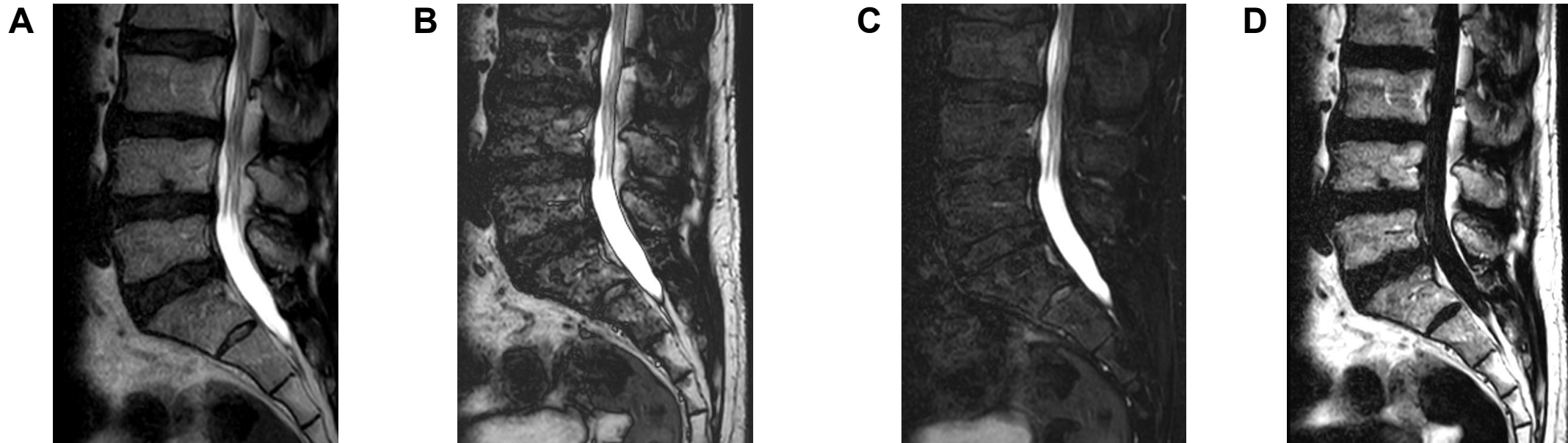


Imagen 1. RM de columna lumbar con secuencia T2 DIXON sagital con imágenes: A. En fase. B. Fuera de fase. C. Solo agua. D. Solo grasa.

Introducción

- A pesar de las ventajas de la secuencia **T2 DIXON**, se mantiene la secuencia **STIR** como el “estándar de oro” para la valoración de las alteraciones de señal de la médula ósea. En la actualidad, es controvertida su superioridad con respecto al T2 DIXON en la detección de las lesiones, lo que conlleva el planteamiento de incluirla o no en el protocolo habitual.
-

Objetivos

Demostrar la superioridad de la secuencia **STIR** frente a **T2 DIXON solo agua** en la detección de las alteraciones de la médula ósea en la resonancia magnética (RM) de columna lumbar.

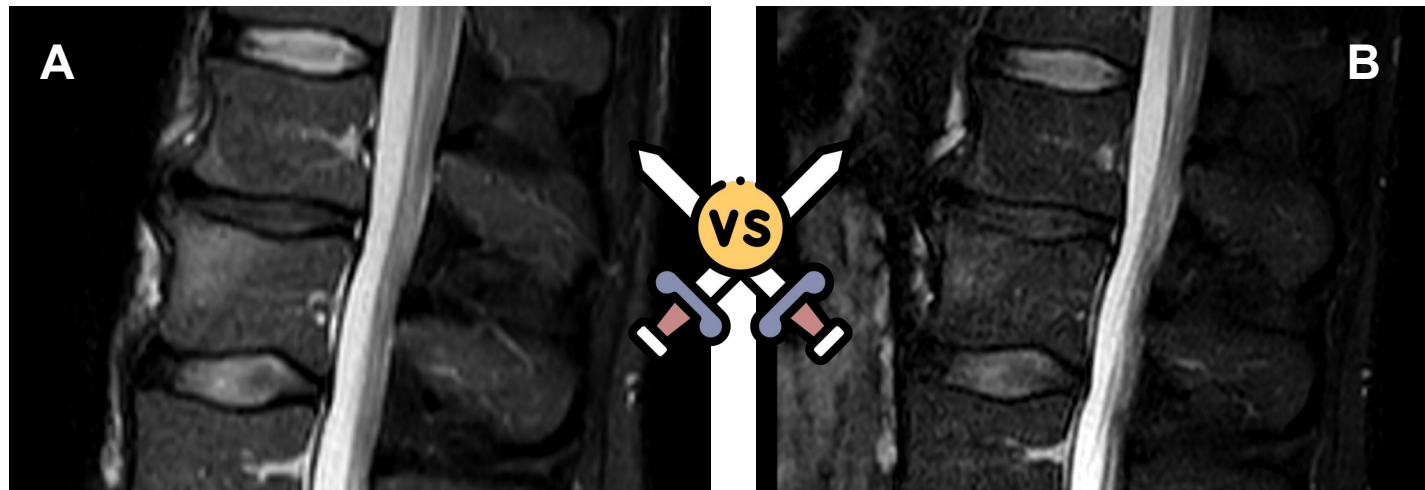


Imagen 2. RM de columna lumbar con secuencia STIR (A) y secuencia T2 DIXON solo agua (B).

Material y métodos

- Se realizó un **estudio** retrospectivo unicéntrico en un hospital de tercer nivel.
 - Se evaluó una **muestra** de **50 RM de columna lumbar** realizadas de forma consecutiva en el periodo de un mes (Octubre 2025), con **secuencias T2 DIXON y STIR**. Los estudios se adquirieron en dos equipos de 1,5 T (Philips Ingenia® y Philips Prodiva®) según las necesidades del servicio en el momento de su adquisición, utilizando el mismo protocolo.
-

Tabla 1. Parámetros de adquisición

Secuencia T2 DIXON

Orientación	Sagital
TR (ms)	2500
TE (ms)	90
Espesor de corte (mm)	3
GAP	10 %
Número de cortes	18
Tiempo (min)	4:25

Secuencia STIR

Orientación	Sagital
TR (ms)	2500
TE (ms)	70
TI	165
Espesor de corte (mm)	4
GAP	5 %
Número de cortes	13
Tiempo (min)	3:35

Material y métodos

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Presencia de alteraciones de señal en la médula ósea: ➤ Edema óseo. ➤ Procesos degenerativos. ➤ Procesos inflamatorios. ➤ Infiltración tumoral.	➤ Artefactos de movimiento o de susceptibilidad magnética severos que impidiesen la evaluación. ➤ Estudios incompletos.

Material y métodos

Obtención de datos

- Las RM fueron informadas por tres neurorradiólogas de 20, 15 y 2 años de experiencia en el momento de la realización de la última RM.
 - Se visualizaron las imágenes en un sistema de almacenamiento de imágenes médicas (PACS).
 - Las secuencias STIR y T2 DIXON solo agua fueron evaluadas posteriormente por la neurorradióloga con 2 años de experiencia.
-

Material y métodos

Obtención de datos

- Se realizó una **medición cuantitativa** en las secuencias STIR y T2 DIXON, obteniendo la media de la intensidad de señal mediante **ROI (región de interés)** de:
 - la médula ósea patológica
 - la médula ósea normal
 - la grasa presacra.
- Se calcula la **relación señal-ruido (SNR)** en las tres variables, que permite evaluar la eficiencia de diferentes técnicas.

$$\text{SNR} = \frac{\text{Señal (media en ROI)}}{\text{Ruido (Desviación estándar en zona sin señal)}}$$

Material y métodos

Alteración de señal **vs** Médula ósea normal **vs** Grasa presacra

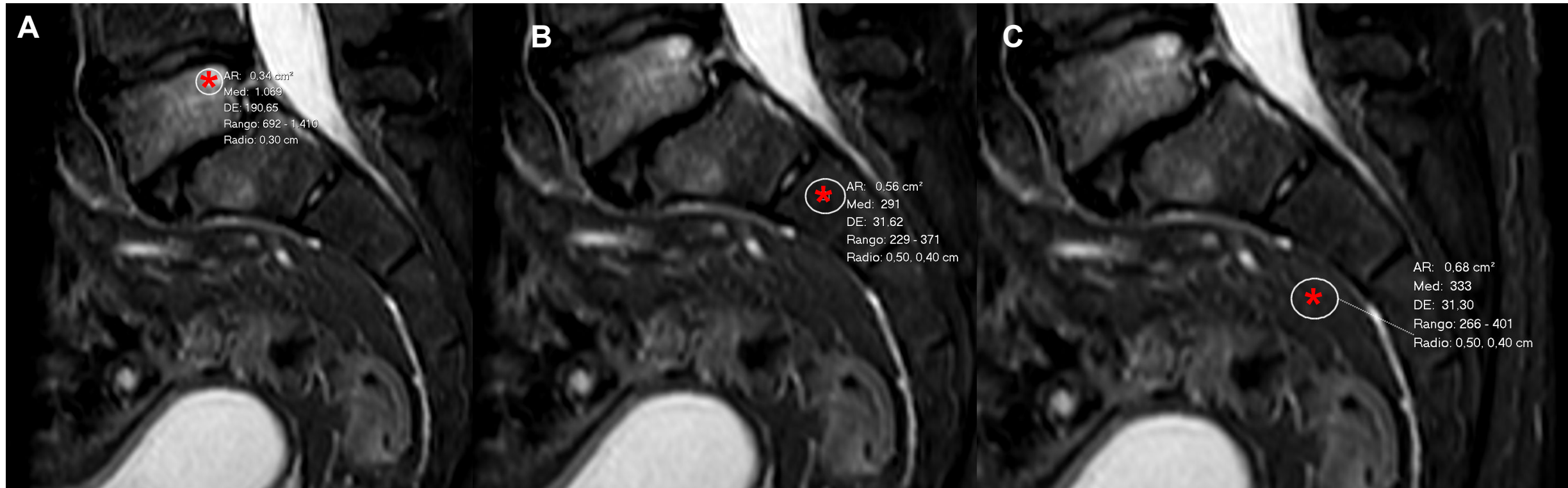


Imagen 3. Cuantificación mediante ROI (área de interés) de la media de la intensidad de señal (asterisco rojo) en la secuencia STIR. A. Médula alterada. B. Médula sana. C. Grasa presacra.

Material y métodos

Por otro lado, se realizó una valoración subjetiva, utilizando una puntuación de **escala visual** de 0 a 3 puntos en función de la facilidad para la detección de las lesiones.

- Puntuación 0: no se detectan alteraciones.
 - Puntuación 1: alteración de señal difícil de detectar.
 - Puntuación 2: alteración de señal aceptablemente detectable.
 - Puntuación 3: alteración de señal claramente detectable.
-



Escala visual



Puntuación 1

Puntuación 2

Puntuación 3

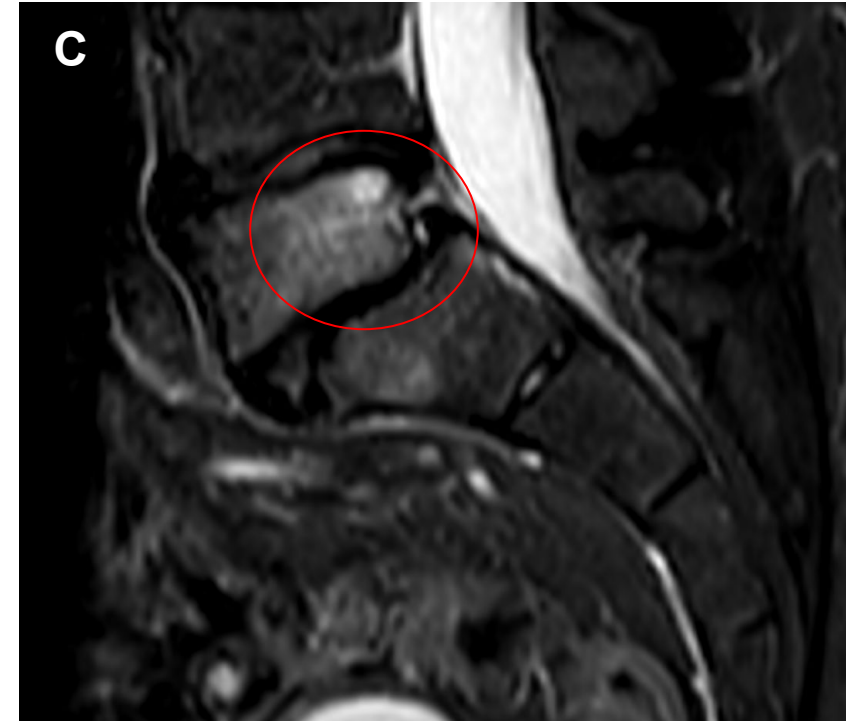
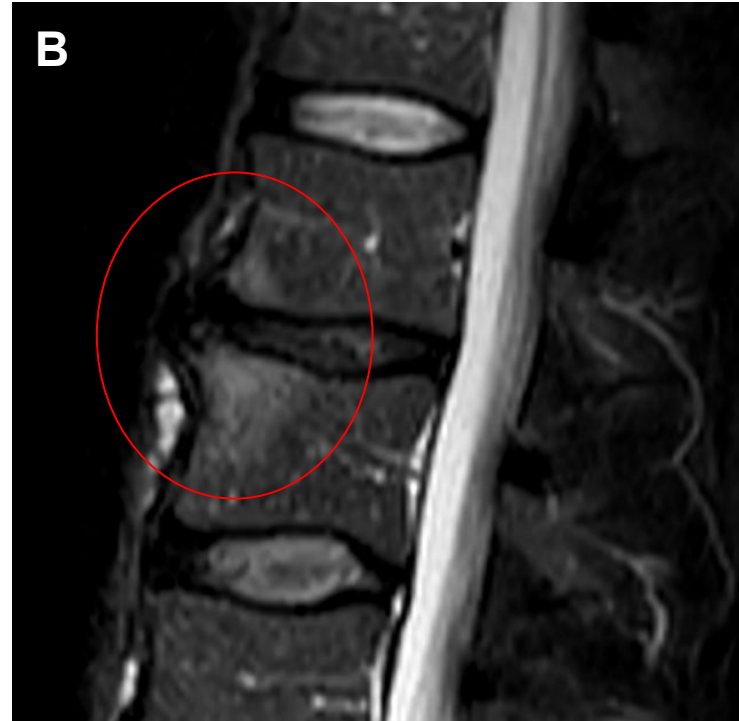
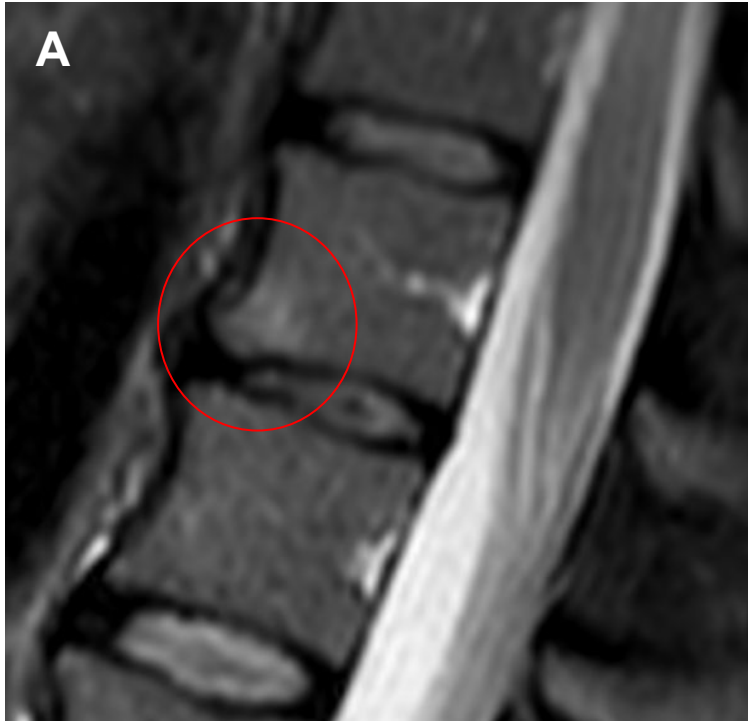


Imagen 4. Escala visual de las alteraciones de señal (círculo rojo) de los cambios Modic tipo 1 en la secuencia STIR. A. Puntuación 1. B. Puntuación 2. C. Puntuación 3.

Material y métodos

Estudio estadístico

- Se utilizó el software SPSS Statistics.
 - Se realizó la prueba **T de Student** para variables emparejadas en la comparación de las siguientes diferencias entre las secuencias STIR y T2 DIXON solo agua:
 - 1. Señal médula alterada - señal médula sana.
 - 2. SNR de la médula alterada - SNR de médula sana.
 - 3. Señal médula alterada - señal grasa presacra.
 - 4. SNR médula alterada - SNR grasa presacra.
-

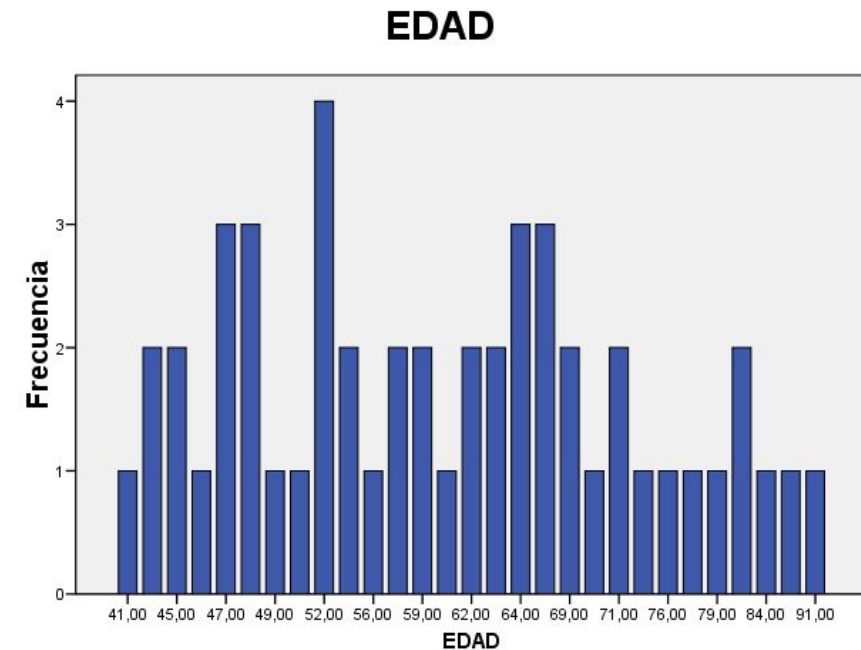
Material y métodos

Estudio estadístico

- Se realiza un **prueba de Kolmogorov-Smirnov** para valorar si la escala visual sigue una distribución normal.
 - Se utiliza la **prueba Wilcoxon** para valorar si existen diferencias significativas en la escala visual entre las secuencias STIR y T2 DIXON solo agua.
 - Se consideró estadísticamente significativo un valor de **$p < 0,05$** para todas las pruebas estadísticas realizadas en este estudio.
-

Resultados

Se evaluaron un total de 50 RM de columna de 25 hombre y 25 mujeres con edades comprendidas entre 41 y 91 años, seleccionados aleatoriamente.



Resultados

En la comparación de la diferencia de señal **entre la médula alterada y la médula sana** en las secuencias STIR y T2 DIXON solo agua, tanto sin corrección señal-ruido como con corrección señal-ruido, se obtuvieron resultados estadísticamente significativos (valor $p < 0.05$), siendo **mayor la diferencia en STIR**.

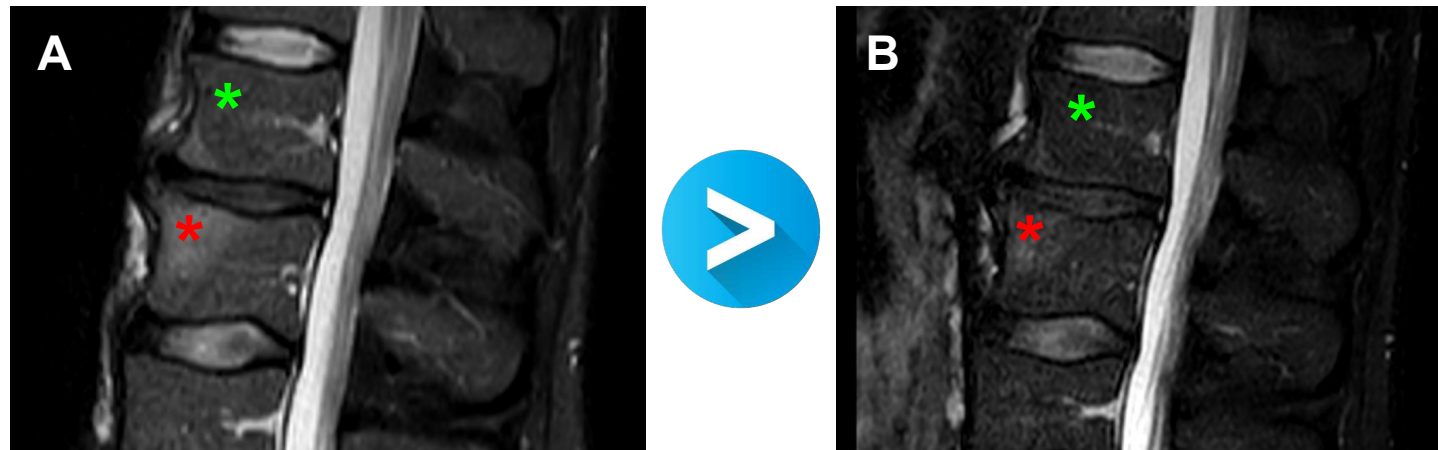


Imagen 5. La diferencia de señal entre la médula alterada (asterisco rojo) y la médula sana (asterisco verde) es mayor en la secuencia STIR (A) con respecto a la secuencia T2 DIXON solo agua (B).

Resultados

1. Prueba T de Student para la comparación de la diferencia de señal entre la médula alterada y la médula sana **sin corrección señal-ruido** entre las secuencias STIR y T2 DIXON solo agua.

Tabla 2. Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas							
	Media	Desviación típica	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig (bilateral)
				Superior	Inferior			
Diferencia STIR – Diferencia T2 DIXON	156,34000	137,29881	19,41698	117,32011	195,35989	8,052	49	,000

Resultados

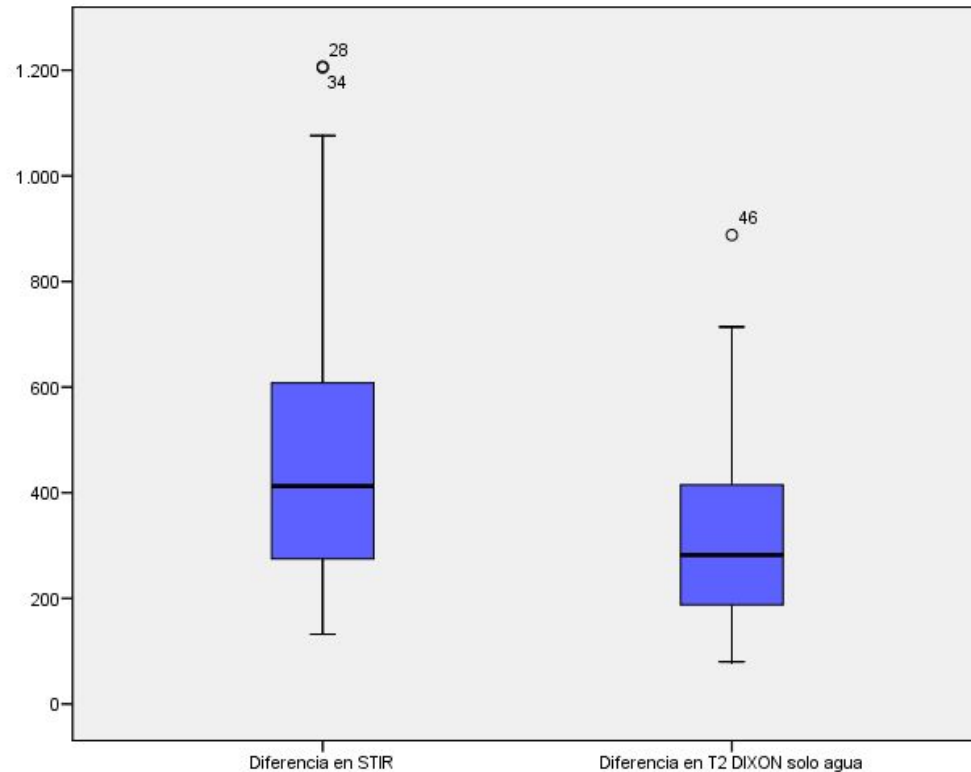
2. Prueba T de Student para la comparación de la diferencia de señal entre la médula alterada y la médula sana **con corrección señal-ruido (SNR)** entre las secuencias STIR y T2 DIXON solo agua.

Tabla 3. Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas							
	Media	Desviación típica	Error típico de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Superior	Inferior			
SNR STIR - SNR T2 DIXON	28,28000	26,51610	3,74994	20,74421	35,81579	7,541	49	,000

Resultados

A.



B.

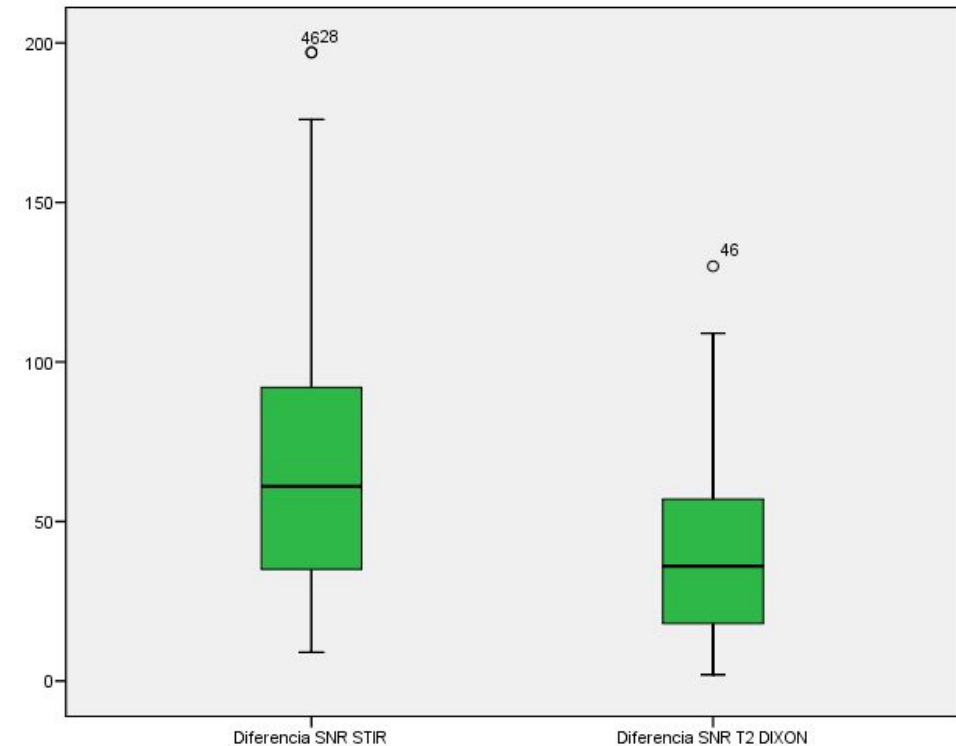


Imagen 6. Diagramas de cajas de la comparación entre la diferencia de señal de la médula alterada y la médula sana en la secuencia STIR frente a T2 DIXON solo agua, sin corrección señal ruido (A) y con corrección señal ruido (B).

Resultados

En la comparación de la diferencia de señal entre la **médula alterada** y la **grasa presacra** en las secuencias STIR y T2 DIXON solo agua, tanto sin corrección señal-ruido como con corrección señal-ruido, se obtuvieron resultados estadísticamente significativos (valor $p < 0.05$), siendo **mayor la diferencia en STIR**.

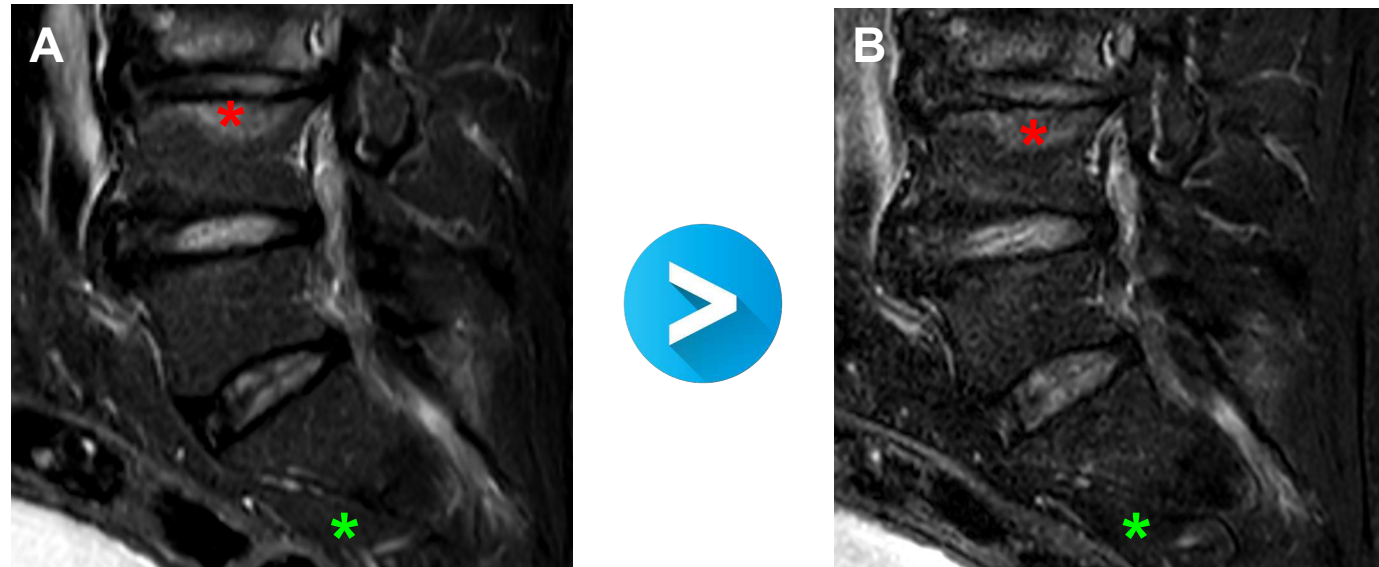


Imagen 7. La diferencia de señal entre la médula alterada (asteriscos rojos) y la grasa presacra (asteriscos verdes) es mayor en la secuencia STIR (A) con respecto a la secuencia T2 DIXON solo agua (B).

Resultados

3. Prueba T de Student para la comparación de la diferencia de señal **entre la médula alterada y la grasa presacra** entre las secuencias STIR y T2 DIXON solo agua, **sin corrección señal-ruido**.

Tabla 4. Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas							
	Media	Desviación típica	Error típico de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Superior	Inferior			
Diferencia señal grasa STIR – T2 DIXON	181,28000	204,28682	28,89052	123,22233	239,33767	6,275	49	,000

Resultados

4. Prueba T de Student para la comparación de la diferencia de señal entre la **médula alterada y la grasa presacra con corrección señal-ruido (SNR)** entre las secuencias STIR y T2 DIXON solo agua.

Tabla 5. Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Superior	Inferior			
Diferencia SNR grasa STIR - Diferencia SNR grasa T2 DIXON	32,32000	32,22272	4,55698	23,16240	41,47760	7,092	49	,000

Resultados

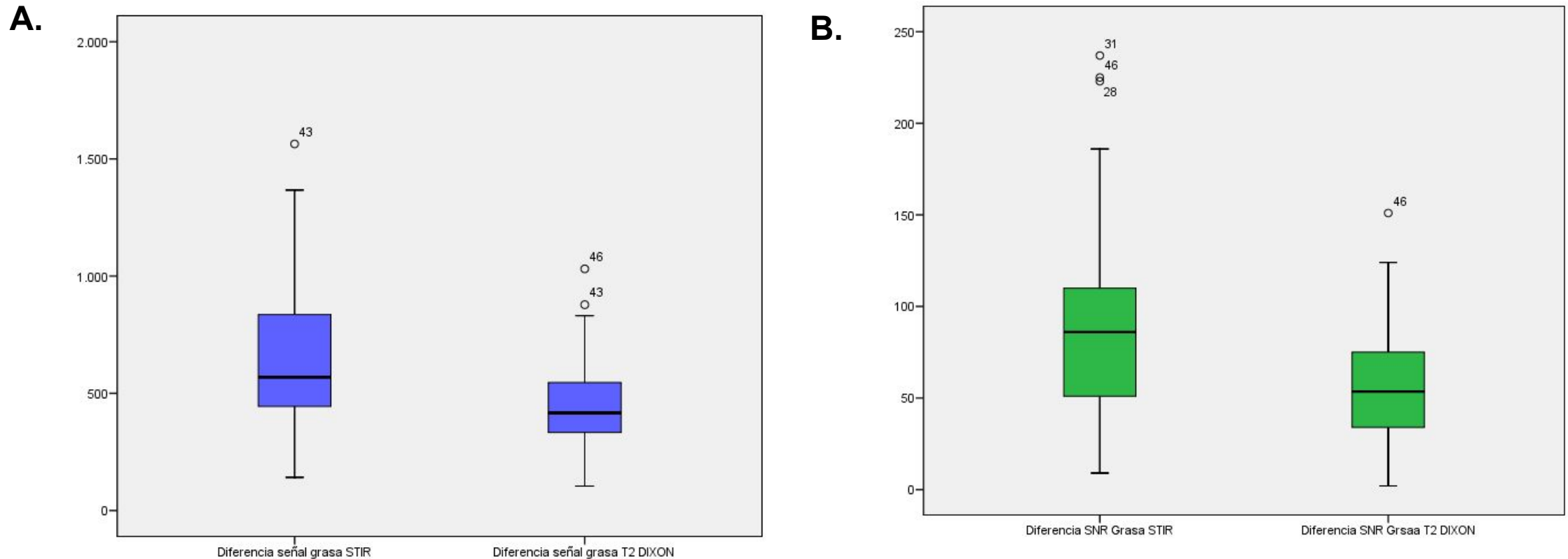


Imagen 8. Diagramas de cajas de la comparación entre la diferencia de señal de la médula alterada y la grasa presacra en la secuencia STIR frente a T2 DIXON solo agua, sin corrección señal ruido (A) y con corrección señal ruido (B).

Resultados

5. En la **escala visual** se obtuvieron las siguientes frecuencias:

Tabla 6. Frecuencias en la secuencia STIR

Valores	Frecuencia	Porcentaje
1	7	14,0
2	17	34,0
3	26	52,0
Total	50	100,0

Tabla 7. Frecuencias en la secuencia T2 DIXON solo agua

Valores	Frecuencia	Porcentaje
0	2	4,0
1	15	30,0
2	15	30,0
3	18	36,0
Total	50	100,0

Resultados

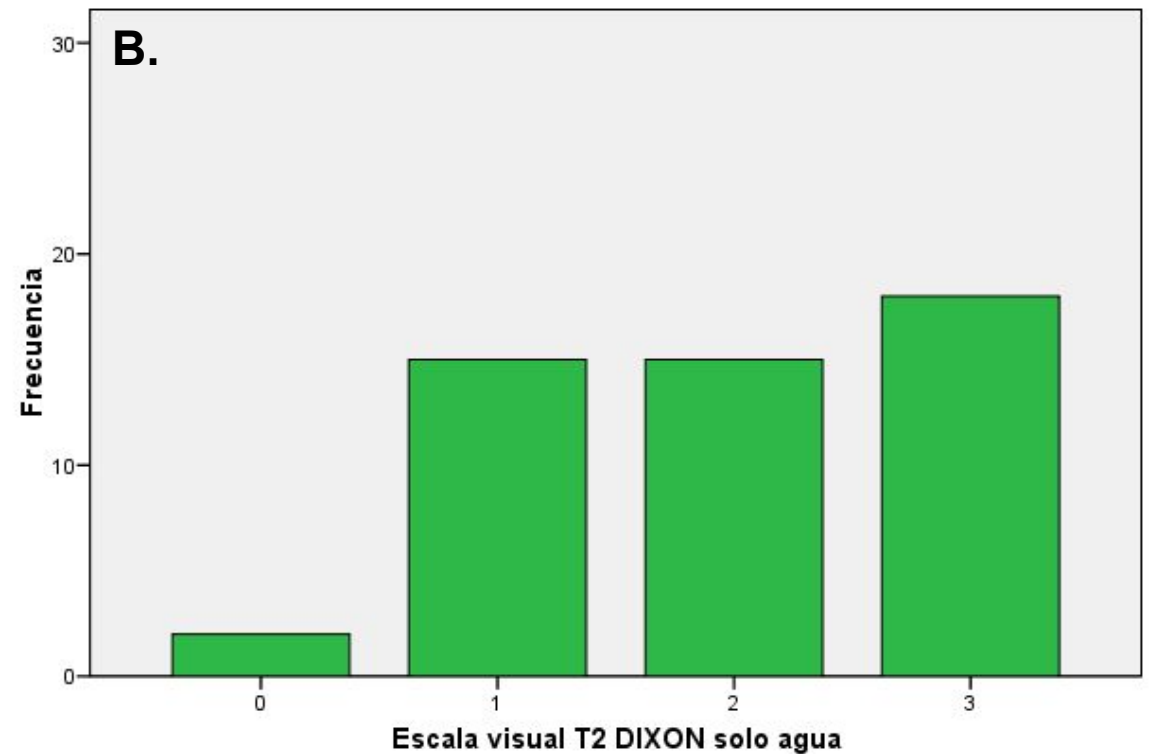
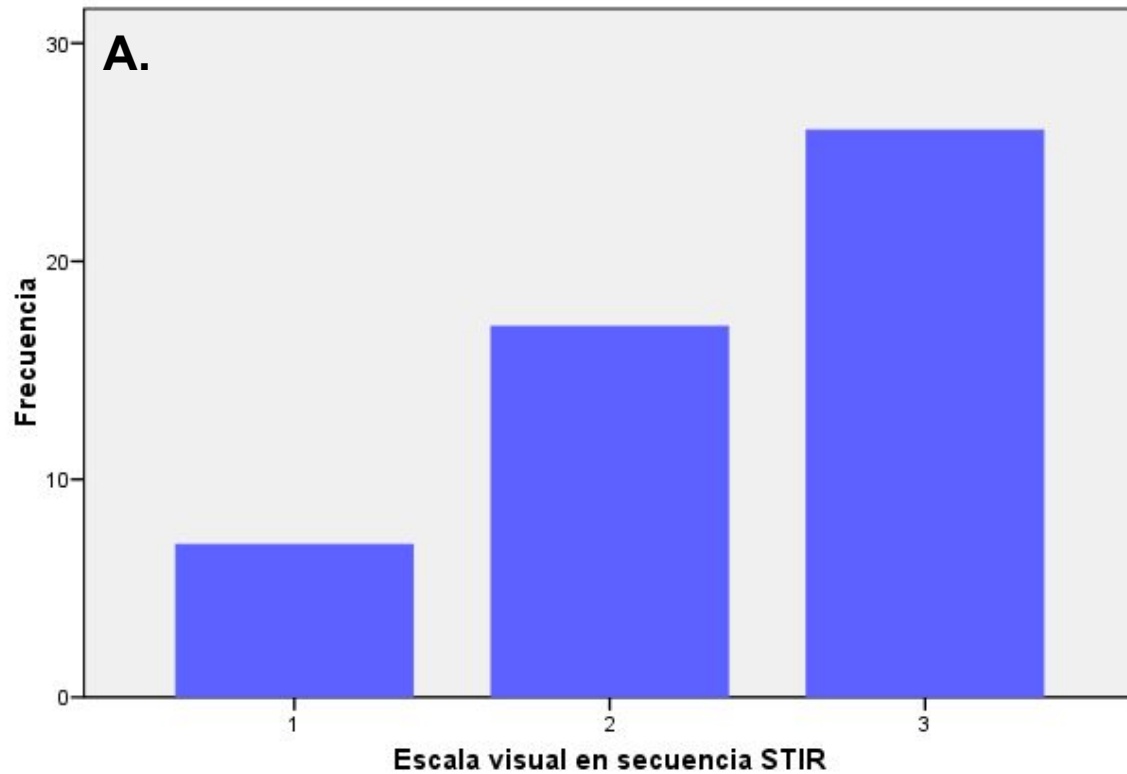


Imagen 9. Gráficos de barras de las frecuencias de la escala visual en la secuencia STIR (A) y en la secuencia T2 DIXON solo agua (B)

Resultados

5. La prueba de Kolmogorov-Smirnov demuestra que **la escala visual sigue una distribución normal** ($p < 0,05$). En la prueba de rangos Wilcoxon **hay diferencias significativas en la escala visual entre la secuencia STIR frente a T2 DIXON solo agua.**

Tabla 8. Prueba de los rangos Wilcoxon. (a) Basado en rangos positivos.

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Escala visual T2 DIXON – STIR	Rangos negativos	20(a)	10,50	210,00
	Rangos positivos	0(b)	,00	,00
	Empates	30(c)		
	Total	50		

- a T2 DIXON < STIR
- b T2 DIXON > STIR
- c T2 DIXON = STIR

VISUALDIXON - VISUALSTIR	
Z	-4,472(a)
Sig. asintót. (bilateral)	,000

Discusión

Existen diferencias significativas entre la secuencia STIR frente a T2 DIXON al comparar la diferencia de señal entre la médula ósea patológica, la médula ósea normal y la grasa presacra, tanto en la valoración cuantitativa como en la escala visual subjetiva, con y sin corrección señal-ruido.

La secuencia STIR es superior en la detección de patología ósea que, de otro modo, sería difícil de detectar en la secuencia T2 DIXON solo agua.

Discusión

Existen estudios que determinaron que el 90 % de las alteraciones de señal de la médula ósea se detectaron en ambas secuencias, utilizando una valoración subjetiva de varios observadores (4), proponiendo su **equivalencia** a la hora de la detección de las alteraciones de señal. Sin embargo, en el estudio actual se ha realizado una **valoración tanto cuantitativa como cualitativa**, implementando la **corrección señal-ruido** para una evaluación de los resultados de mayor calidad.

Discusión

La secuencia T2 DIXON permite a los radiólogos la **cuantificación de la señal grasa de la médula ósea**, siendo de gran ayuda en el diagnóstico diferencial de las lesiones (3). Por otro lado, la secuencia STIR es superior a la hora de detectar las alteraciones de señal, concluyendo que **ambas secuencias aportan información relevante y complementaria**, si bien una no sustituye a la otra.

Se propone, con los resultados de este estudio, la inclusión tanto de la secuencia T2 DIXON como de la secuencia STIR en los **protocolos habituales** de RM de columna para una mayor eficacia diagnóstica.

Limitaciones del estudio

- **El tamaño muestral:** sería recomendable una mayor muestra poblacional a la hora de la generalización de los resultados.
 - **Los equipos disponibles:** fue necesario recoger las muestras en dos resonancias magnéticas distintas debido a las necesidades del servicio, aunque se realizó el mismo protocolo de imagen.
 - **Escala visual subjetiva:** únicamente se dispuso de un observador a la hora de evaluar la puntuación de la escala visual, lo que podría limitar los resultados.
 - **Especificación del tipo de patología:** no se analizó la etiología de las lesiones. Una evaluación más detallada podría aportar más datos sobre la diferente capacidad de ambas secuencias para detectar estas alteraciones.
-

Conclusiones

Se demuestra la **superioridad de la secuencia STIR** comparada con imagen solo agua de la secuencia T2 DIXON en la RM de columna lumbar para la **detección** de alteraciones de señal de la médula ósea de los cuerpos vertebrales.

Referencias bibliográficas

1. Avelar AV, de Lima FMM, de Faria PF, de Campos RO, de Assis RRM, da Silva SM, et al. Applications of the Dixon technique in the evaluation of the musculoskeletal system. Radiol Bras. 2021 Jan-Feb;54(1):47-54. doi: 10.1590/0100-3984.2019.0135.
 2. Ma J. Dixon techniques for water and fat imaging. Journal of Magnetic Resonance Imaging. 2008/09/01 2008;28(3):543-558. doi:https://doi.org/10.1002/jmri.21492
 3. Lins CF, Salmon CEG, Nogueira-Barbosa MH. Applications of the Dixon technique in the evaluation of the musculoskeletal system. Radiologia Brasileira. 2021;54
 4. Zadig P, von Brandis E, Ording Müller LS, Tanturri de Horatio L, Rosendahl K, Avenarius DFM. Pediatric whole-body magnetic resonance imaging: comparison of STIR and T2 Dixon sequences in the detection and grading of high signal bone marrow changes. Eur Radiol. 2023 Jul;33(7):5045-5053. doi: 10.1007/s00330-023-09413-6.
-