

Secuencias Dixon en resonancia magnética: valor en la caracterización de las fracturas vertebrales no traumáticas

Cristina Delange Izurategui¹, Mario Rubén Paz Campos¹, Diego Suárez-Sánchez Infante¹, Blanca Lumbreras Fernández², Víctor Rodríguez Laval¹ y Nieves Gómez León¹

¹Hospital Universitario de la Princesa, Madrid; ²Hospital Blua Sanitas Valdebebas, Madrid

Guía rápida (índice)

- | | | | |
|---|---|--------|---|
| 1 | Objetivo docente | (2) |  |
| 2 | Revisión | (2-16) |  |
| A | Características morfológicas y de señal | (3-6) |  |
| B | Difusión (DWI) y ADC | (7) |  |
| C | Técnica Dixon: fundamentos físicos, uso en fracturas vertebrales y pitfalls | (8-16) |  |
| 3 | Conclusiones | (17) |  |

Objetivo docente



Evaluar la utilidad de las **secuencias Dixon** en resonancia magnética (RM) como **herramienta complementaria** a la tomografía computarizada (TC) y las secuencias convencionales de RM en el estudio de **fracturas vertebrales no traumáticas**, con el fin de diferenciar entre causas benignas (fracturas **por insuficiencia**) y malignas (fracturas **patológicas**).

Revisión



El **diagnóstico diferencial** de las fracturas vertebrales atraumáticas supone un **reto** en la práctica clínica, especialmente en pacientes de **edad avanzada**. En este grupo poblacional, las fracturas por insuficiencia constituyen la causa más frecuente de colapso vertebral; sin embargo, la columna vertebral es también un lugar habitual de metástasis óseas.^{3,4}

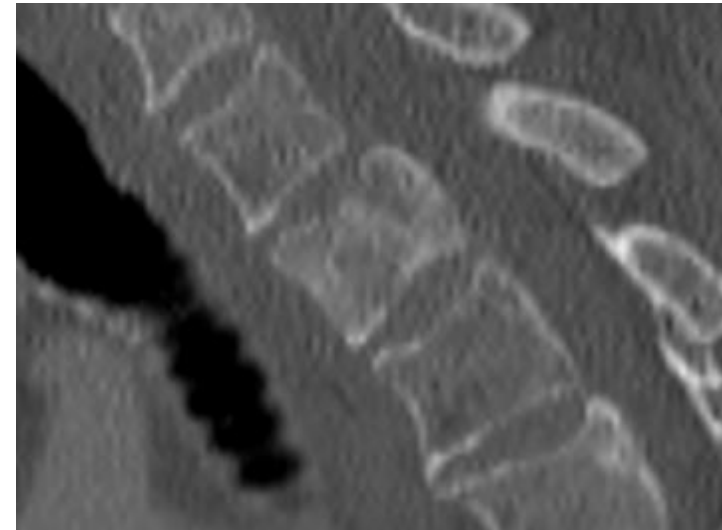
En este contexto, la técnica Dixon adquiere relevancia, ya que permite valorar de forma más directa la composición de la médula ósea. De este modo, facilita la distinción entre el reemplazo medular por tejido tumoral y la conservación de la composición de la médula ósea normal, fundamentalmente grasa.^{1,2,5}

A. Características morfológicas y de señal^{3,4}



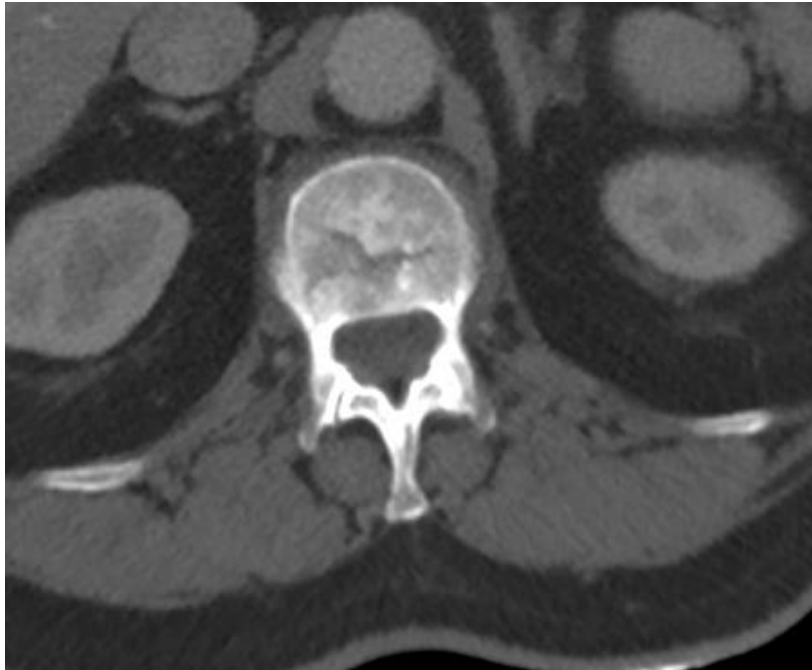
1 Retropulsión vs **abombamiento** de la pared posterior

La retropulsión, sugestiva de benignidad, suele localizarse en una de las esquinas posteriores. Por el contrario, el abombamiento, que afecta a toda la pared posterior, se asocia a infiltración tumoral al generar efecto de masa sobre la cortical ósea; no obstante, en fracturas benignas agudas postraumáticas puede observarse ocasionalmente este hallazgo.



Paciente con adenocarcinoma de origen desconocido con dorsal alto de nueva aparición. Se objetiva una fractura del cuerpo vertebral de T1 con **abombamiento del muro posterior** sugestiva de malignidad.

Caso 3



Paciente con cáncer gástrico con lumbar de mal control de nueva aparición. Se objetiva una fractura del cuerpo vertebral de L1 con **signo del "puzle"** sugestiva de benignidad.

Fenómeno de vacío o líquido intervertebral

2

Se corresponde con acumulaciones de gas o líquido secundarias a osteonecrosis del platillo vertebral colapsado adyacente. El gas se valora mejor con la TC, siendo hipointenso en todas las secuencias de RM. En general, son sugestivos de fractura benigna, excepto en casos de enfermedad metastásica previamente tratada.

Signo del puzle vs destrucción ósea

3

El signo del puzle se caracteriza por líneas de fractura sin destrucción cortical asociada, lo que permite la reconstrucción de los fragmentos. Este hallazgo es sugestivo de benignidad.



4

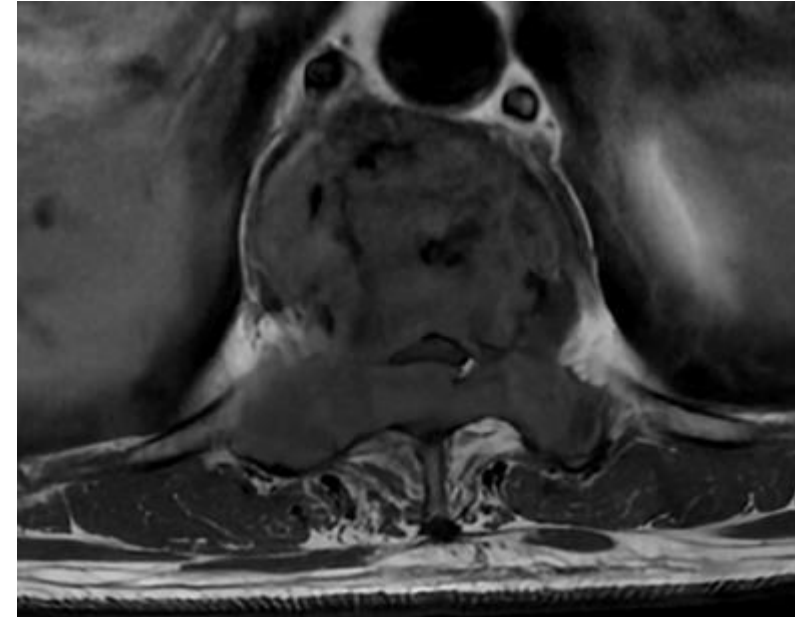
Manguito vs masa de partes blandas

El manguito de partes blandas refleja cambios inflamatorios paravertebrales y epidurales. Se distingue de la masa por su menor grosor (<10 mm), contornos mal definidos, aspecto homogéneo y distribución circunferencial anterolateral alrededor del cuerpo vertebral.

5

Afectación de los elementos posteriores

La alteración de señal de los elementos posteriores es un indicador de malignidad, especialmente si se acompaña de cambios expansivos, aunque puede observarse de forma excepcional en fracturas benignas.



Caso 2

Paciente con **cáncer de mama** estadio IV con metástasis líticas. Fractura vertebral de T10 alteración de señal hipointensa T1 que afecta a los elementos posteriores, asociando cambios expansivos, compatible con **malignidad**.

6

Señal de la médula ósea

En las fracturas malignas, la médula ósea suele estar completamente reemplazada (hipointensa en T1), dado que el colapso vertebral generalmente ocurre en contexto de una infiltración extensa. En fracturas benignas, el reemplazo medular es incompleto (puede ser transitoriamente completo en fase aguda) y el edema presenta con frecuencia un patrón en banda característico.

7

Realce tras administración de contraste

En fracturas benignas, el realce tiende a disminuir con el tiempo. Por el contrario, las fracturas malignas muestran realce persistente o progresivamente mayor.



8

Otras lesiones compatibles con malignidad

La presencia de otras lesiones compatibles con malignidad orienta hacia un origen igualmente patológico.

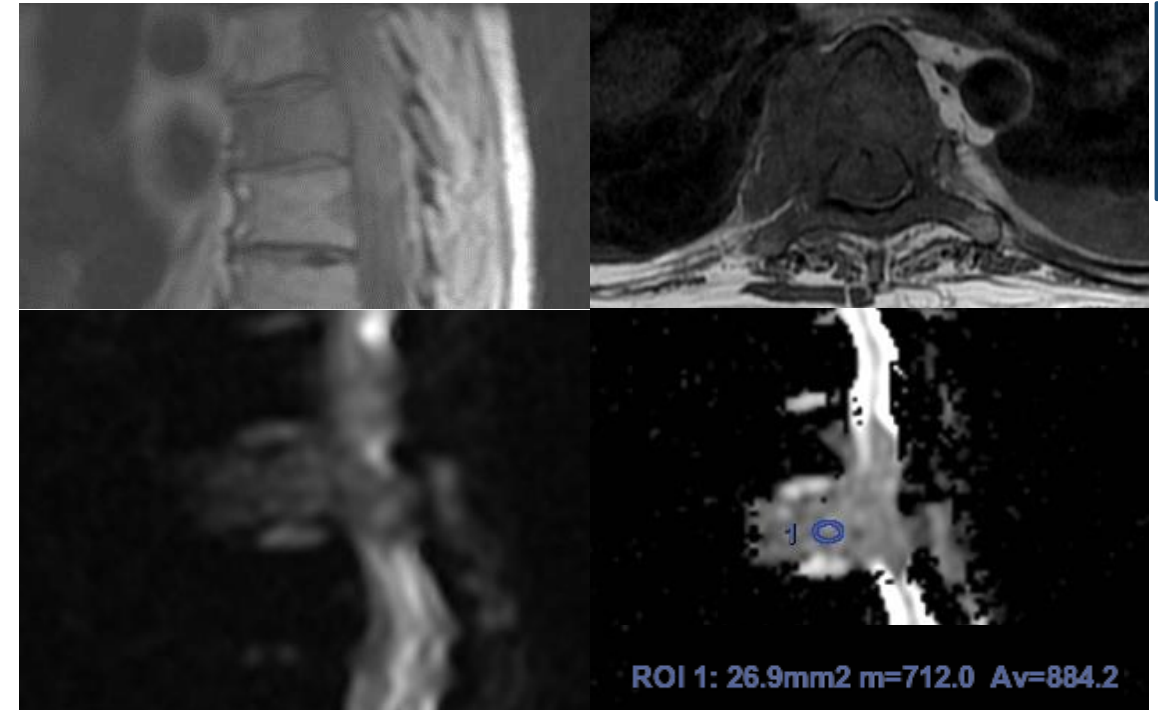
B. Difusión (DWI) y ADC



La difusión (“diffusion weighted image”, DWI) y el coeficiente de difusión aparente (“apparent diffusion coefficient”, ADC) proporcionan información complementaria al diagnóstico diferencial entre fracturas vertebrales benignas y malignas a través de la evaluación de la movilidad de las moléculas de agua en la médula ósea.

En **fracturas vertebrales malignas**, el aumento de la celularidad y la reducción del espacio extracelular condicionan una restricción de la difusión, manifestándose como hiperintensidad con valores de ADC intermedios (aproximadamente $0,7-1,2 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; los valores normales de médula ósea son de: $0,2-0,5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$).

En **fracturas vertebrales benignas**, predomina el edema medular óseo que permite mayor movilidad de las moléculas agua, dando lugar al llamado “efecto T2” que se manifiesta como hiperintensidad con valores de ADC elevados ($1,0-2,0 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$).



Caso 1. Mujer de 45 años con metástasis óseas múltiples con sospecha de compresión medular. Se realiza RM lumbar que demuestra una fractura vertebral de T1 con masa de partes blandas y afectación de elementos posteriores que presenta señal hipointensa en T1 y restricción en difusión con valores de ADC intermedios ($0,8-0,9 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$). Hallazgos compatibles con **malignidad**.

C. Técnica Dixon



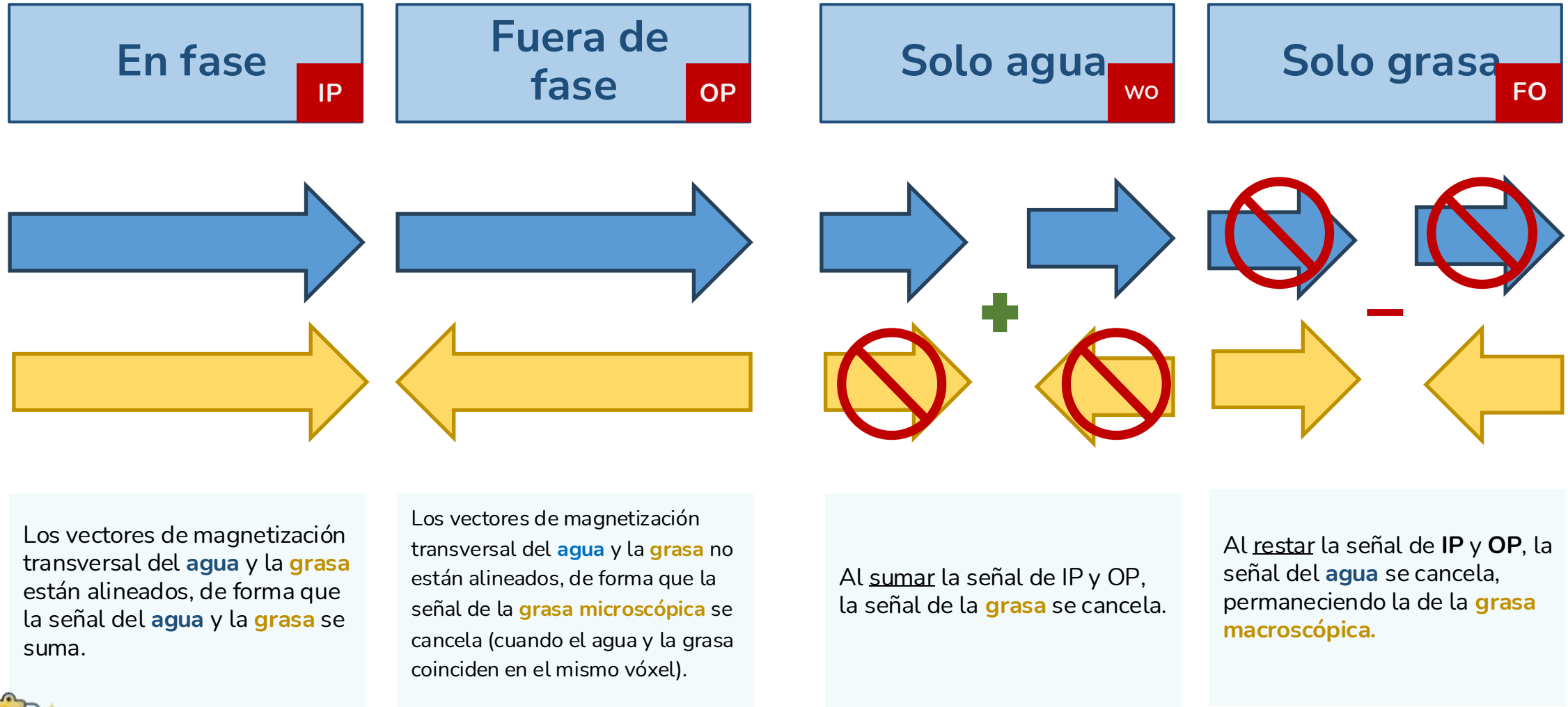
Fundamentos físicos

La técnica Dixon, que presenta diferentes nombres comerciales (*IDEAL* o *FLEX* en *FE HealthCare*, *Dixon* en *Siemens Healthineers*, *mDixon* en *Philips Healthcare* y *WFOP* en *Canon Medical Systems*)⁷, se basa en el fenómeno de **desplazamiento químico**, que consiste en la diferencia de frecuencia de precesión entre los protones del agua y de la grasa. Se puede aplicar con secuencias eco de gradiente (GRE) o eco de espín (SE), en 2D o 3D y con ponderación en T1 o T2.⁷

Esta técnica genera imágenes **en fase** (“in-phase”, IP) y **fuera de fase** (“out-of-phase”, OP) al aplicar diferentes tiempos de eco (TE).^{1,2} Dado que la frecuencia de precesión depende de la fuerza del campo magnético, la diferencia de TE a su vez depende de la misma, siendo de aproximadamente 2,2 ms a 1,5 T y 1,1 ms a 3 T.¹

De esta forma, se realizan dos adquisiciones con diferentes TE: la primera con un TE de 2,2 o 1,1 ms (en RM de 1,5 T y 3 T respectivamente), en la que los vectores están alineados obteniéndose imágenes IP (en las que la señal del agua y la grasa se suma), y la segunda con un TE de 4,4 ms y 2,2 ms, en la que los vectores no están alineados adquiriéndose imágenes OP (en las que se cancela la señal de la grasa microscópica).

En el postprocesado se adquieren las imágenes **solo agua** (“water only”, WO), al sumar la señal de IP y OP, y **solo grasa** (“fat only”, FO), al restar la señal de OP a la señal de IP.



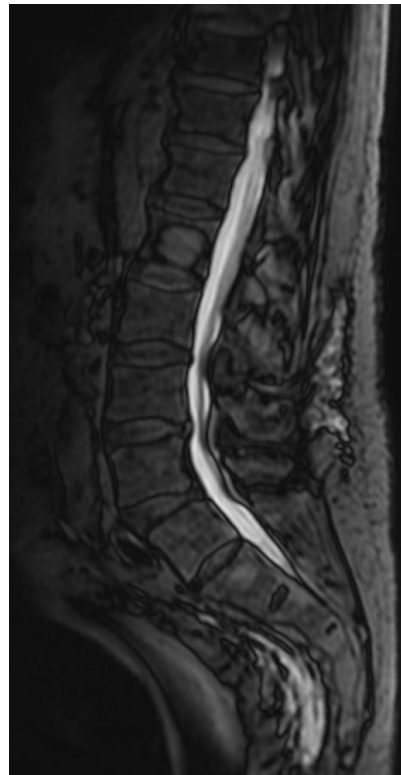
En fase

IP



Fuera de
fase

OP



Solo agua

WO



Solo grasa

FO



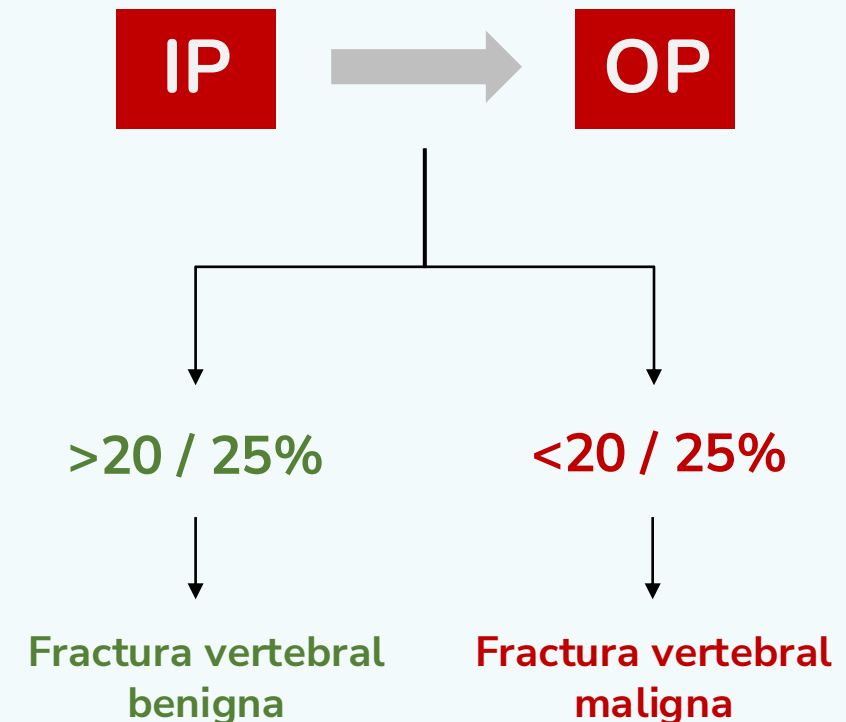
Paciente con **adenocarcinoma de pulmón** con metástasis adrenales conocidas que debuta con dolor dorsolumbar. Lesión nodular sin caída de señal **cualitativa** de fase a fuera de fase sospechosa de metástasis. Existían otras lesiones similares en el hueso iliaco derecho, no incluidas.



Uso en fracturas vertebrales

Una caída de la señal superior al 20 % a 1,5 T (o al 25 % a 3 T, según lo propuesto por Kumar et al) es compatible con médula ósea normal, ya que la presencia de grasa microscópica (normal) ocasiona una cancelación de señal significativa en las secuencias OP. Por lo tanto, una caída de señal que exceda estos umbrales indica que la composición microscópica de la médula ósea es predominantemente grasa y que, por lo tanto, se encuentra conservada. Por el contrario, una disminución de señal inferior a dichos umbrales es compatible con infiltración medular. Múltiples estudios han demostrado que una relación de intensidad de señal OP/IP $\geq 0,80$ –1,0 se asocia con reemplazo medular maligno, mientras que valores $< 0,80$ indican de manera fiable que la fractura es benigna, conservándose el componente graso.⁵

Caída de señal



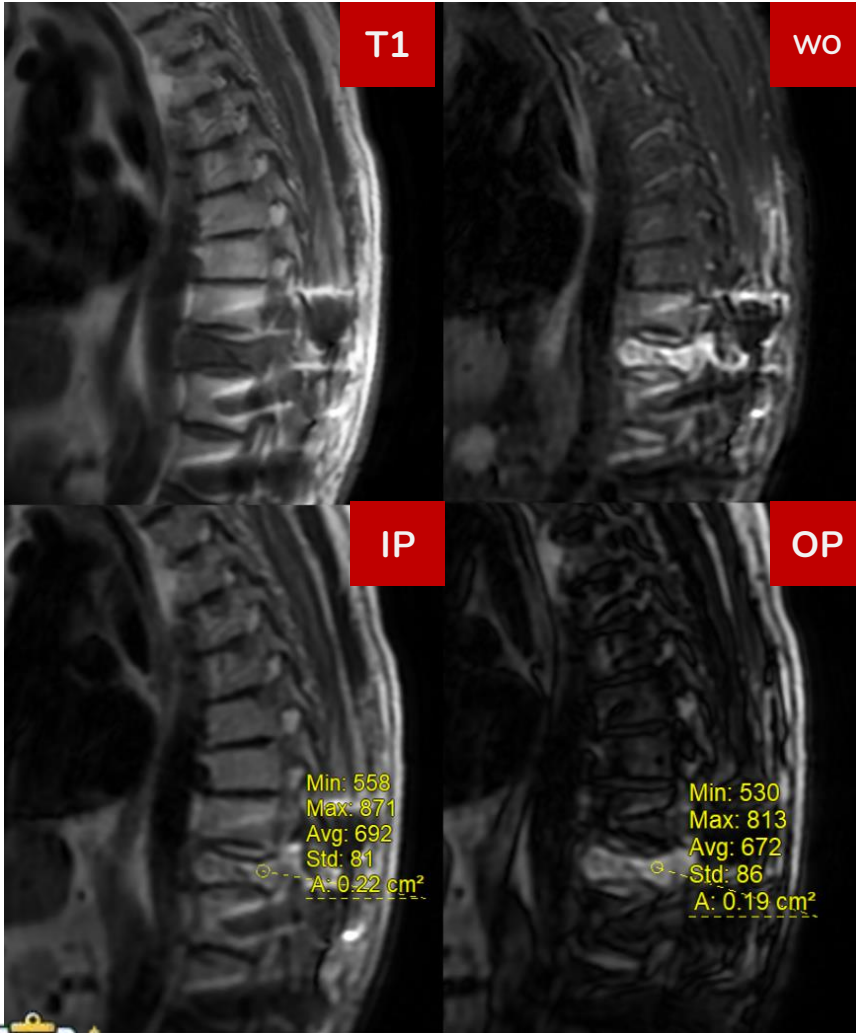
La evaluación puede realizarse de manera **cualitativa o cuantitativa**. Para el análisis cuantitativo, se coloca una región de interés (ROI) en la misma localización en las imágenes IP y OP, y se calcula el porcentaje de caída de señal mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{Señal_{IP} - Señal_{OP}}{Señal_{IP}} \times 100$$

El análisis cuantitativo mejora la reproducibilidad y la confianza diagnóstica, especialmente en casos dudosos o en pacientes oncológicos.⁵



Caso 2



Caso 2 (izquierda). Hombre de 51 años que presenta con lumbalgia y pérdida de fuerza y sensibilidad en miembros inferiores. Se realiza RM lumbar que demuestra una fractura vertebral de **T10** con abombamiento del muro posterior que presenta señal marcadamente hipointensa en T1 e hiperintensa en WO, sin caída de señal significativa de fase a fuera de fase (objetivable tanto cualitativa como cuantitativamente). Estos hallazgos son compatibles con fractura vertebral patológica, que se confirmó histológicamente con diagnóstico de **plasmocitoma**.

Caso 3 (derecha). Hombre de 83 años con carcinoma epidermoide de pulmón con dolor lumbar de mal control. Se realiza RM lumbar que demuestra una fractura vertebral de T9 con signos sugestivos de osteonecrosis que presenta señal hipointensa en T1 e hiperintensa en WO, con caída de señal de aproximadamente el 80% de fase a fuera de fase. Hallazgos compatibles con **benignidad**.



Caso 3



Caso 4



$$\frac{Señal_{IP} - Señal_{OP}}{Señal_{IP}} \times 100 = X \%$$



$$\frac{566 - 441}{566} \times 100 = 22\%$$



Caso 3. Hombre de 83 años con **cáncer gástrico** con dolor lumbar de mal control de nueva aparición. Se realiza RM lumbar (3 T) que demuestra una fractura vertebral de L1 que presenta señal hipointensa en T1 e hiperintensa en WO, con caída de señal de aproximadamente el **22%** de fase a fuera de fase. Estos hallazgos podrían confundirnos y hacernos sospechar de malignidad. Sin embargo, si nos fijamos en imágenes de una TC de abdomen-pelvis previa, se objetiva una retropulsión de la esquina superior del muro posterior y signo del “puzzle”, que sugieren benignidad. Por lo tanto, se trata de **un falso positivo** por marcado edema medular óseo en contexto de una fractura aguda.



Pitfalls

A pesar de la alta precisión diagnóstica que demuestra la evaluación mediante la técnica de Dixon, existen determinadas situaciones que pueden constituir falsos positivos y negativos^{1,2,4,5}:

Falsos negativos

- Infiltración tumoral difusa con conservación de médula ósea normal de forma intercalada, más frecuente en **neoplasias hematológicas**.

Falsos positivos

- Alteración de señal extensa tipo **edema óseo** en fracturas agudas.
- Reemplazo medular por **fibrosis o esclerosis**.

Por esta razón, los hallazgos obtenidos con la técnica de Dixon deben interpretarse siempre en conjunto con las características morfológicas y de señal de las secuencias convencionales y, cuando sea necesario, complementarse con secuencias de difusión (DWI) y estudios de seguimiento.



Resumen

Benignas (por insuficiencia)

Retropulsión del muro posterior

Fenómeno de vacío o líquido intervertebral

Signo del “puzle”

Manguito de partes blandas

Ausencia de afectación de elementos posteriores

Señal de la MO parcialmente reemplazada

Disminución del realce

Restricción en DWI con **ADC 1,0-2,0** $\times 10^{-3}$ mm²/s

Caída de señal de IP a OP de **> 20/ 25 %**

Malignas (patológicas)

Abombamiento del muro posterior

No fenómeno de vacío o líquido intervertebral

Destrucción ósea

Masa de partes blandas

Afectación de **elementos posteriores**

Señal de la MO **completamente reemplazada**

Persistencia o aumento del realce

Restricción en DWI con **ADC 0,7-1,0** $\times 10^{-3}$ mm²/s

Caída de señal de IP a OP de **< 20 / 25 %**



Conclusiones



La técnica de Dixon constituye una herramienta de imagen **eficiente** para la valoración de fracturas vertebrales de etiología no traumática. A partir de **una única adquisición** permite obtener imágenes **en fase, en fuera de fase, solo agua y solo grasa**, lo que disminuye la duración del estudio y optimiza la homogeneidad de la supresión grasa en comparación con las técnicas convencionales.

Un ratio OP/IP $\geq 0,80$, o bien una caída de señal $< 20\%$ en 1,5 T ($< 25\%$ en 3 T), orienta hacia infiltración medular maligna, ya que se demuestra sustitución significativa del componente graso.

La interpretación **conjunta** de estas secuencias y los **criterios morfológicos y de señal clásicos** incrementa la confianza diagnóstica.

De este modo, creemos que la técnica Dixon debería considerarse una herramienta complementaria **útil** en el diagnóstico diferencial de las fracturas vertebrales atraumáticas, ayudando a disminuir la incertidumbre diagnóstica en escenarios clínicos complejos.

Bibliografía

1. van Vucht, N., Santiago, R., Lottmann, B., Pressney, I., Harder, D., Sheikh, A., & Saifuddin, A. (2019). The Dixon technique for MRI of the bone marrow. *Skeletal Radiology*, 48(12), 1861–1874. <https://doi.org/10.1007/s00256-019-03271-4>
2. Lins, C. F., Salmon, C. E. G., & Nogueira-Barbosa, M. H. (2021). Applications of the Dixon technique in the evaluation of the musculoskeletal system. *Radiologia Brasileira*, 54(1), 33–42. <https://doi.org/10.1590/0100-3984.2019.0086>
3. Jung, H.-S., Jee, W.-H., McCauley, T. R., Ha, K.-Y., & Choi, K.-H. (2003). Discrimination of metastatic from acute osteoporotic compression spinal fractures with MR imaging. *Radiographics*, 23(1), 179–187. <https://doi.org/10.1148/rg.231025043>
4. Mauch, J. T., Carr, C. M., Cloft, H., & Diehn, F. E. (2018). Review of the imaging features of benign osteoporotic and malignant vertebral compression fractures. *American Journal of Neuroradiology*, 39(9), 1584–1592. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A5528>
5. Erly, W. K., Oh, E. S., & Outwater, E. K. (2006). The utility of in-phase/opposed-phase imaging in differentiating malignancy from acute benign compression fractures of the spine. *American Journal of Neuroradiology*, 27(6), 1183–1188. <https://doi.org/10.2214/AJR.17.18168>
6. Pozzi, G., Garcia Parra, C., Stradiotti, P., Tien, T. V., Luzzati, A., & Zerbi, A. (2012). Diffusion-weighted MR imaging in differentiation between osteoporotic and neoplastic vertebral fractures. *European Spine Journal*, 21(Suppl. 1), 123–127. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2227-x>
7. Nieto Morales, M. L., Serra del Carpio, G., & Vilanova, J. C. (2025). Técnica Dixon en resonancia magnética musculoesquelética: revisión técnica y su aplicación clínica multisistémica. *Radiología*. <https://doi.org/10.1016/j.rx.2025.501745>