

CORRELACIÓN ENTRE SIGNO DE MODIC I E IMAGEN DE INESTABILIDAD VERTEBRAL

CORRELAÇÃO ENTRE SINAL MODIC I E IMAGEM DE INSTABILIDADE VERTEBRAL

CORRELATION BETWEEN THE MODIC I SIGN AND IMAGES OF VERTEBRAL INSTABILITY

PEDRO LUIS BAZÁN^{1,2,3}, ÁLVARO ENRIQUE BORRÍ^{1,2}, MARTÍN MEDINA^{1,2}

1. HIGA San Martín de La Plata, Buenos Aires, Argentina
2. Hospital Italiano de La Plata, Buenos Aires, Argentina
3. Instituto de Diagnóstico La Plata, Buenos Aires, Argentina

RESUMEN

La región lumbar es muy afectada por las enfermedades degenerativas y puede ser sintomática debido a procesos inflamatorios del disco o inestabilidad vertebral segmentaria (IVS), según los conceptos de White y Panjabi. La resonancia magnética (RM) y las radiografías dinámicas se pueden utilizar para su evaluación. Objetivo: Determinar si las lesiones tipo Modic I son imágenes compatibles con inestabilidad vertebral radiológica. Métodos: Imágenes de RM y de radiografías dinámicas de 100 pacientes (65 mujeres y 35 hombres) con promedio de edad de 46,94 años para evaluar la reacción de las mesetas según Modic e IVS en los niveles L2-L3, L3-L4, L4-L5 y L5-S1. Los pacientes se dividieron en tres grupos: A - Modic I e IVS; B - Modic I sin IVS y C - Sin Modic e IVS y fueron evaluados por sexo, edad y tipo de disco. Resultados: Se reconocieron 46 lesiones Modic I y 24 IVS. El Grupo A tenía 5 pacientes (OR 0,23 p.0,006), en Grupo B 38 y el Grupo C 19. No hubo relación directa entre la edad con Modic y/o IVS. Los discos tipo 5 de Pfirrmann tienen 4,6 veces más probabilidad de presentar una señal Modic I. Los discos más afectados fueron L3-L4 en la señal de Modic y L4-L5 con respecto a la IVS, siendo el traslacional el más frecuente. Conclusiones: Los cambios de tipo Modic como datos de la resonancia, son clínicamente relevantes con relación al dolor lumbar pero su presencia no confirma la inestabilidad traslacional o angular. **Nivel evidencia III; Cohorte transversal.**

Descriptor: Degeneración del Disco Intervertebral; Lumbalgia; Dolor.

RESUMO

A região lombar é altamente afetada por doenças degenerativas e pode ser sintomática em decorrência de processos inflamatórios do disco ou de instabilidade vertebral segmentar (IVS), de acordo com os conceitos de White e Panjabi. A ressonância magnética (RM) e as radiografias dinâmicas podem ser usadas para sua avaliação. Objetivo: Determinar se as lesões do tipo Modic I são imagens compatíveis com instabilidade vertebral radiológica. Métodos: Imagens de RM e radiografias dinâmicas de 100 pacientes (65 mulheres e 35 homens) com média de idade de 46,94 anos para avaliar a reação dos platôs de acordo com Modic e IVS nos níveis L2-L3, L3-L4, L4-L5 e L5-S1. Os pacientes foram divididos em três grupos: A - Modic I e IVS; B - Modic I sem IVS e C - Sem Modic e IVS e foram avaliados quanto a sexo, idade e tipo de disco. Resultados: Foram reconhecidas 46 lesões Modic I e 24 IVS. O Grupo A tinha 5 pacientes (OR 0,23 p.0,006), o Grupo B, 38 e o Grupo C, 19. Não se constatou relação direta entre a idade com Modic e/ou IVS. Os discos tipo 5 de Pfirrmann têm 4,6 vezes mais chances de apresentar sinal Modic I. Os discos mais afetados foram L3-L4 no sinal Modic e L4-L5 com relação ao IVS, sendo o translacional mais frequente. Conclusões: As mudanças do tipo Modic como dados de ressonância são clinicamente relevantes com relação à lombalgia, mas sua presença não confirma instabilidade translacional ou angular. **Nível de Evidência III; Coorte transversal.**

Descritores: Degeneração do Disco Intervertebral; Dor Lombar; Dor.

ABSTRACT

The lumbar region is highly affected by degenerative diseases and can be symptomatic as a result of inflammatory processes of the disc or segmental vertebral instability (SVI), according to concepts by White and Panjabi. Magnetic resonance imaging (MRI) and dynamic radiographs can be used to evaluate it. Objective: To determine whether images of Modic type I lesions are compatible with radiological vertebral instability. Methods: The MRIs and dynamic radiographs of 100 patients with a mean age of 46.94 years, 65 of whom were women and 35 of whom were men, were studied to evaluate the reaction of endplates according to Modic and SVI at levels L2-L3, L3-L4, L4-L5 and L5-S1. They were divided into 3 groups: A- Modic I and SVI; B- Modic I without SVI; and C- Without Modic I and SVI. Sex, age and type of disc were evaluated. Result: 46 Modic I lesions and 24 cases of SVI were recognized. There were 5 patients in Group A (OR 0.23, p=0.006), 38 in Group B; and 19 in Group C. No direct relationship between age and Modic I and/or SVI was observed. Pfirrmann grade 5 discs are 4.6 times more likely to present a Modic I signal. The most affected disc was L3-L4 for the Modic signal and L4-L5 with respect to the SVI, translational instability being more frequent. Conclusions: Modic type changes, identified by magnetic resonance, are clinically relevant in relation to low back pain, but their presence does not confirm either translational or angular instability. **Level of evidence III; Cross-sectional cohort.**

Keywords: Intervertebral Disc Degeneration; Low Back Pain; Pain.

Estudo realizado no UPE San Martín y Departamento de Columna del Hospital Italiano La Plata. Buenos Aires. Argentina
Correspondência: Pedro Luis Bazán. Address: 51 - 1725 (CP 1900) La Plata, Provincia Buenos Aires - Argentina. E-mail: pedroluisbazan@gmail.com



<http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120212004250503>

Recibido el 03/30/2021 aceptado el 08/08/2021

Coluna/Columna. 2021;20(4):264-7

Revisado por: Dr. Helton Delfino

INTRODUCCIÓN

El sector lumbar de la columna vertebral es uno de los sitios más frecuentemente afectado por la patología degenerativa y se asocia muchas veces con dolor.^{1,2}

La lesión de Modic Tipo I se encuentran más asociadas a dolores lumbares que los otros tipos y corresponde a un estado inflamatorio hipervascular, donde puede existir algún grado de microinestabilidad.³⁻⁶

La inestabilidad de la columna lumbar está asociada con el dolor lumbar, está estrechamente relacionada con los cambios degenerativos del disco, articulaciones, y la presencia de cambios morfológicos o estructurales del ligamento amarillo;^{1,2} y su diagnóstico de esta sigue siendo dificultoso.⁷

La evaluación con radiografías neutras laterales y antero posteriores se recomienda en todos pacientes con sintomatología lumbar que persiste más allá de 4 a 6 semanas.^{2,8}

Las radiografías obtenidas del perfil en flexión y extensión son realizadas para evaluar la inestabilidad dinámica vertebral,⁸ han sido interpretadas por White and Panjabi,⁹ donde la traslación o hiper movilidad durante la flexo extensión pueden ser consideradas como signos de inestabilidad segmentaria.^{1,10}

Sin embargo la RNM continúa siendo el método más sensible y específico para la evaluación de la patología discal intervertebral, más aun si se cuenta con un resonador dinámico.^{1,5,11}

Nuestro propósito es determinar si las lesiones tipo Modic I son imágenes compatibles con inestabilidad vertebral radiológica.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realiza una evaluación tipo Cohorte, observacional y analítica de las imágenes de resonancia magnética nuclear (RMN) de columna lumbosacra y radiografías del mismo sector en incidencias de perfil en flexión máxima (PFM) y extensión máxima (PEM), de pacientes con lumbalgia mecánica. Se realiza cohorte de 100 pacientes, 65 mujeres y 35 varones, con un rango de edad de 16 a 84 años (promedio de 46,94).

Se realizó la evaluación de los platillos intervertebrales y discos L2-L3, L3-L4, L4-L5 y L5-S1.

Se utilizaron como criterio de inclusión, los siguientes parámetros: Lumbalgia mecánica; presencia de imagen tipo Modic I (inflamatorio) en resonancia magnética; y Valores de inestabilidad vertebral segmentaria en radiografías dinámicas (diferencia >3 mm de deslizamiento y/o >12° de angulación).

Se excluyeron a aquellos pacientes: Fracturas; Tumores; Infecciones y Cirugías previas.

Los pacientes son divididos en tres grupos a saber: GRUPO A: Pacientes Modic I y con parámetros de inestabilidad; GRUPO B: Pacientes Modic I y sin parámetros de inestabilidad; y GRUPO C: Pacientes sin Modic I y con parámetros de inestabilidad. Se ha tenido en cuenta para cada grupo, la edad, el sexo y el tipo de disco según la escala de Pfirrmann. (Tabla 1)

Tabla 1. Sistema de evaluación para la degeneración del disco lumbar (Pfirrmann).

| Grado | Intensidad de la señal del núcleo | Estructura del núcleo | Distinción entre el núcleo y el anillo fibroso | Altura discal |
|-------|-----------------------------------|---|--|-------------------------------|
| I | Hiperintenso | Homogeneo blanco | Claro | Normal |
| II | Hiperintenso Isointenso | Heterogeneo con banda horizontal blanca | Claro | Normal |
| III | Intermedio | Heterogeneo, gris | No claro | Normal o leve disminución |
| IV | Intermedio a Hipointenso | Heterogeneo, gris a negro | Perdido | Normal o moderada disminución |
| V | Hipointenso | Heterogeneo, negro | Perdido | Colapsado |

Los datos fueron volcados en una base de datos Access y analizados por Epi Info 3.3.2, analizando chi cuadrado, Odd Ratio, Test de Student.

RESULTADOS

Se evalúan todos los niveles L2-L3, L3-L4, L4-L5 y 99 L5-S1 por presentar un nivel con sacralización completa.

Se obtuvieron 46 lesiones de Modic I y 24 inestabilidades radiológicas.

Solo 5 pacientes presentaron Modic I asociado a inestabilidad (Grupo A). De estos 4 eran del grupo etario de 40-60 años y solo uno del grupo de 20-40 años. Uno de los niveles afectados era del disco L3-L4 y cuatro a nivel L4-L5. El disco L3-L4 era un disco tipo 3 de la clasificación de Pfirrmann. Los discos L4-L5 eran tres tipo 5 y uno tipo 4 de la misma clasificación. De este grupo, cuatro presentaban inestabilidad por traslación y solo uno por inestabilidad angular. (Tabla 2)

Del Grupo B, 38 niveles presentaron lesión Modic I sin inestabilidad. En el nivel L2-L3 se presentaron tres lesiones de Modic, cuyo discos eran uno tipo 1 uno tipo 4 y uno tipo 5. En el nivel L3-L4 cinco presentaron Modic, dos discos tipo 3 uno 4 y dos 5. En L4-L5 dieciséis lesiones de Modic con discos tipo 3 en dos ocasiones, cinco tipo 4 y seis tipo 5. En el nivel L5-S1 diecisiete lesiones de Modic con un disco tipo 1, dos tipo 3, cuatro tipo 4 y diez tipo 5. (Tabla 3)

Del Grupo C, inestabilidad sin Modic, se presentaron 19 pacientes. Dieciocho presentaron inestabilidad traslacional y uno angular. Presentaron 16 inestabilidades a nivel L4-L5, de las cuales 10 presentaban disco Pfirrmann tipo 3, tres tipo 4 y dos tipo 5. En el nivel L3-L4 hubo tres inestabilidades con dos discos tipo 3 y uno tipo 4. Y un solo espacio inestable L5-S1 con disco tipo 5. (Tabla 4)

El análisis estadístico realizado muestra que existe 4.6 veces más de posibilidades de tener una señal de Modic inflamatoria (Modic I) en presencia de un disco tipo 5 de Pfirrmann (Odds Ratio 4.670, con una p=0.0001).

La posibilidad de presentar en el mismo nivel lesión de Modic I e IVS es muy baja (Odds Ratio 0.26, con una p=0.006).

No hemos encontrado relación directa entre la edad y la lesión de Modic y/o IVS.

DISCUSION

Solo 5 pacientes presentaron Modic I asociado a inestabilidad (Grupo A). Esse resultado observado no estudo não foi devidamente discutido, Na discussão os autores afirmam que: La lesión de Modic Tipo I se encuentran más asociadas a dolores lumbares que los otros tipos y corresponde a un estado inflamatorio hipervascular, donde puede existir algún grado de microinestabilidad.⁴

La enfermedad degenerativa discal es un problema frecuente que generalmente aumenta con la edad.^{1,2,11,12}

Pfirrmann sugiere correlaciones entre las lesiones degenerativas con los cambios estructurales de los platillos intervertebrales en los casos de asociación de ambas patologías, propuso en su trabajo una clasificación para la degeneración discal, basada en 5 grados.¹³

Modic³ formuló un método simple y fácil para la interpretación de la enfermedad degenerativa discal contigua a los cambios de señal en la médula ósea, en tres tipos distintos. Estas lesiones de los platillos vertebrales fueron descritas en 1988 y se las describe con una prevalencia del 22% al 50% en los pacientes con enfermedad degenerativa del disco intervertebral.^{3,4,14-16}

Tabla 2. Listado y características de los pacientes del Grupo A (Modic I e IVS).

| Nro | Sex | Edad | Modic | IVS | Pfirrmann | Nivel |
|-----|-----|------|-------|-----|-----------|-------|
| 4 | F | 49 | 1 | SI | 3 | L4-L5 |
| 8 | M | 34 | 1 | SI | 5 | L4-L5 |
| 15 | F | 46 | 1 | SI | 3 | L3-L4 |
| 24 | M | 53 | 1 | SI | 5 | L4-L5 |
| 57 | F | 55 | 1 | SI | 5 | L4-L5 |

Tabla 3. Listado y características de los pacientes del Grupo B (Modic I sin IVS).

| Nro | Sex | Edad | Modic | IVS | Pfarrmann | Nivel |
|-----|-----|------|-------|-----|-----------|-------|
| 1 | F | 33 | 1 | No | 5 | L4-L5 |
| 3 | F | 42 | 1 | No | 5 | L5-S1 |
| 6 | F | 20 | 1 | No | 4 | L4-L5 |
| 11 | M | 57 | 1 | No | 4 | L4-L5 |
| 12 | F | 66 | 1 | No | 5 | L5-S1 |
| 13 | M | 50 | 1 | No | 5 | L2-L3 |
| 14 | F | 53 | 1 | No | 4 | L5-S1 |
| 16 | F | 49 | 1 | No | 4 | L5-S1 |
| 18 | M | 36 | 1 | No | 5 | L5-S1 |
| 21 | F | 55 | 1 | No | 5 | L5-S1 |
| 23 | F | 54 | 1 | No | 4 | L4-L5 |
| 29 | F | 37 | 1 | No | 1 | L2-L3 |
| 30 | M | 36 | 1 | No | 5 | L4-L5 |
| 31 | M | 51 | 1 | No | 3 | L3-L4 |
| 33 | M | 49 | 1 | No | 5 | L3-L4 |
| 34 | M | 59 | 1 | No | 5 | L5-S1 |
| 37 | M | 40 | 1 | No | 3 | L4-L5 |
| 47 | F | 46 | 1 | No | 5 | L5-S1 |
| 51 | F | 39 | 1 | No | 5 | L5-S1 |
| 53 | F | 45 | 1 | No | 4 | L2-L3 |
| 55 | F | 70 | 1 | No | 4 | L5-S1 |
| 62 | F | 45 | 1 | No | 5 | L5-S1 |
| 66 | F | 50 | 1 | No | 4 | L4-L5 |
| 67 | F | 40 | 1 | No | 5 | L4-L5 |
| 68 | F | 84 | 1 | No | 5 | L5-S1 |
| 71 | F | 75 | 1 | No | 3 | L4-L5 |
| 73 | F | 59 | 1 | No | 5 | L5-S1 |
| 77 | F | 52 | 1 | No | 4 | L3-L4 |
| 81 | F | 54 | 1 | No | 5 | L4-L5 |
| 83 | F | 56 | 1 | No | 5 | L4-L5 |
| 84 | M | 45 | 1 | No | 3 | L3-L4 |
| 85 | F | 75 | 1 | No | 5 | L4-L5 |
| 86 | F | 42 | 1 | No | 4 | L4-L5 |
| 87 | F | 58 | 1 | No | 3 | L5-S1 |
| 91 | F | 50 | 1 | No | 4 | L5-S1 |
| 94 | M | 39 | 1 | No | 1 | L5-S1 |
| 96 | M | 50 | 1 | No | 3 | L5-S1 |
| 97 | F | 54 | 1 | No | 5 | L3-L4 |

La lesión de Modic Tipo I se encuentran más asociadas a dolores lumbares que los otros tipos y corresponde a un estado inflamatorio hipervasculoso, donde puede existir algún grado de microinestabilidad.^{4,6} Este estado de supuesta inestabilidad puede ser un signo de degeneración activa;⁶ las lesiones del Tipo I comúnmente progresan a Tipo II, pero también pueden tener una remisión.^{5,16} Sin embargo, las diferencias morfológicas no siempre se correlacionan con los síntomas.¹⁵

El Modic II se define como un estado más estable donde el remplazo graso es una continuación del proceso degenerativo.⁶ Braithwaite y col. informan que los diferentes cambios de Modic son consecuencia de diferentes estadios de la misma patología.^{16,17}

Varios autores^{4,6,8} denotan que las lesiones Inflamatoria (I) se asocian con IVS en el 40% de los casos, y que las lesiones degenerativas (II) en un 20%. En nuestro estudio si solo analizamos a los pacientes que tenían Modic I (Grupo A y B) el 11, 63% de los pacientes presentaban IVS, que significa un número menor al detallado por la bibliografía internacional.

Tabla 4. Listado y características de los pacientes del Grupo C (Sin lesión Modic I y con IVS).

| Nro | Sex | Edad | Modic | IVS | Pfarrmann | Nivel |
|-----|-----|------|-------|-----|-----------|-------|
| 10 | F | 43 | 0 | SI | 3 | L4-L5 |
| 17 | F | 45 | 0 | SI | 3 | L4-L5 |
| 20 | M | 31 | 0 | SI | 4 | L4-L5 |
| 35 | M | 49 | 0 | SI | 3 | L4-L5 |
| 36 | F | 39 | 0 | SI | 3 | L4-L5 |
| 42 | F | 55 | 0 | SI | 5 | L5-S1 |
| 46 | M | 44 | 0 | SI | 4 | L4-L5 |
| 48 | F | 68 | 0 | SI | 5 | L4-L5 |
| 49 | F | 54 | 0 | SI | 3 | L4-L5 |
| 52 | M | 62 | 0 | SI | 3 | L4-L5 |
| 58 | F | 57 | 0 | SI | 4 | L4-L5 |
| 63 | F | 28 | 0 | SI | 3 | L3-L4 |
| 70 | M | 64 | 0 | SI | 4 | L4-L5 |
| 76 | F | 52 | 0 | SI | 4 | L3-L4 |
| 79 | F | 80 | 0 | SI | 3 | L4-L5 |
| 80 | F | 54 | 0 | SI | 3 | L4-L5 |
| 89 | F | 48 | 0 | SI | 5 | L4-L5 |
| 92 | F | 25 | 0 | SI | 3 | L3-L4 |
| 100 | F | 64 | 0 | SI | 3 | L4-L5 |

De la población analizada en totalidad el 38,71% de los pacientes presentaban signo de IVS y de estos el 26,32% se observaba la relación con signo de Modic I.

Malinin y Brown¹⁸ realizaron estudios en primates, afirman que la disrupción vascular de la placa terminal y la pérdida del soporte discal explican la patogenia de la lesión, como resultado de micro fracturas y necrosis ósea.^{6,18}

Sandhu et al no pudieron demostrar la relación entre la discografía y los cambios en la resonancia.¹⁹

La inestabilidad vertebral segmentaria ha sido identificada en varias publicaciones como responsables de los dolores lumbares; siendo la patología degenerativa discal, una de las mayores responsables del dolor lumbar.¹¹

El uso de radiografías dinámicas sigue siendo un método controvertido. Sin embargo nos permite determinar inestabilidades que podrían pasar desapercibidas en radiografías estáticas y resonancia.⁸

Con los avances de la tecnología, como la resonancia nuclear magnética dinámica, sería más sencillo pesquisar estas patologías.^{1,11,10}

CONCLUSION

La inestabilidad segmentaria es a menudo un factor importante para determinar las indicaciones quirúrgicas en la artrodesis espinal en pacientes sometidos a cirugía de descompresión, principalmente la inestabilidad traslacional.

Los cambios tipo Modic como dato de la resonancia, son un dato clínicamente relevante en relación con de dolor lumbar pero su presencia no confirma la inestabilidad traslacional ni angular. Por lo tanto, se debería poner énfasis en el análisis de la inestabilidad axial de la columna lumbar para determinar su relación con este.

Todos los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses potencial con respecto a este artículo.

REFERENCIAS

- Kong MH, Hymanson HJ, Song KY, Chin DK, Cho YE, Yoon DH, et al. Kinetic magnetic resonance imaging analysis of abnormal segmental motion of the functional spine unit. *J Neurosurg Spine*. 2009;10(4):357–65. <https://doi.org/10.3171/2008.12.SPINE08321>
- Bazán PL, Avero Gonzalez RA, Ciccioli NM, Borri AE, Medina M. Fenómeno de vacío intradiscal sintomático. *Coluna/Columna*. 2019;18(4):280–2. <https://doi.org/10.1590/S1808-185120191804222787>
- Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR. Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology*. 1988;166(1Pt 1):193–9. <https://doi.org/10.1148/radiology.166.1.3336678>
- Kuisma M, Karppinen J, Niinimäki J, Ojala R, Haapea M, Heliövaara M, et al. Modic Changes in Endplates of Lumbar Vertebral Bodies. *Spine*. 2007;32(10):16–1122. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000261561.12944.ff>
- Kjaer P, Korsholm L, Bendix T, Sorensen J, Leboeuf-Yde C. Modic changes and their associations with clinical findings. *Eur Spine J*. 2006;15(9):1312–9. <https://doi.org/10.1007/s00586-006-0185-x>
- Franco JLP. Modic changes: “Age, si quid agis”. *Eur Spine J*. 2008;17(3):1766–8. <https://doi.org/10.1007/s00586-008-0804-9>
- Kjaer P, Leboeuf-Yde C, Korsholm L, Sorensen JS, Bendix T. Magnetic Resonance Imaging and Low Back Pain in Adults: A Diagnostic Imaging Study of 40-Year-Old Men and Women. *Spine*. 2005;30(10):1173–80. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000162396.97739.76>
- Hammouri QM, Haims AH, Simpson AK, Alqaqa A, Grauer JN. The Utility of Dynamic Flexion-Extension Radiographs in the Initial Evaluation of the Degenerative Lumbar Spine. *Spine*. 2007;32(21):2361–64. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318155796e>
- Panjabi MM, White III AA. Basic Biomechanics of the Spine. *Neurosurgery*. 1980;7(1):76–93. <https://doi.org/10.1227/00006123-198007000-00014>
- Wong K, Luk KD, Leong JC, Wong SF, Wong KK. Continuous Dynamic Spinal Motion Analysis. *Spine*. 2006;31(4):414–9. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000199955.87517.82>
- Zou J, Yang H, Miyazaki M, Morishita Y, Wei F, McGovern S, et al. Dynamic Bulging of Intervertebral Discs in the Degenerative Lumbar Spine. *Spine*. 2009;34(23):2545–50. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181b32998>
- Knop-Jergas BM, Zucherman JF, Hsu KY, DeLong B. Anatomic position of a herniated nucleus pulposus predicts the outcome of lumbar discectomy. *J Spinal Disord*. 1996;9(3):246–50.
- Pfirmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boss N. Magnetic Resonance Classification of Lumbar Intervertebral Disc Degeneration. *Spine*. 2001;26(17):1873–8. <https://doi.org/10.1097/00007632-200109010-00011>
- Hutton M, Bayer J, Powell J. Modic Vertebral Body Changes: the natural history as assessed by consecutive magnetic resonance imaging. *Spine*. 2011;36(26):2304–7. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31821604b6>
- Jones A, Clarke A, Freeman B, Lam KS, Grecitt MP. The Modic Classification. *Spine*. 2005;30(16):1867–1869. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000173898.47585.7d>
- Kuisma M, Karppinen J, Niinimäki J, Kurunlahti M, Haapea MM, Vanharanta H, et al. A Three-Year Follow-up of Lumbar Spine Endplate (Modic) Changes. *Spine*. 2006;31(15):1714–8. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000224167.18483.14>
- Braithwaite I, White J, Saifuddi A, Renton P, Taylor BA. Vertebral end-plate (Modic) changes on lumbar spine MRI: correlation with pain reproduction at lumbar discography. *Eur Spine J*. 1998;7(5):363–8. <https://doi.org/10.1007/s005860050091>
- Malinin T, Brown M. Changes in vertebral bodies adjacent to acutely narrowed intervertebral discs: observations in baboons. *Spine*. 2007;32(21):E603–7. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31815574e7>
- Sandhu HS, Sanchez-Caso LP, Parvataneni HK, Cammisa Jr FP, Girardi FP, Ghelman B. Association between findings of provocative discography and vertebral end-plate signal changes as seen on MRI. *J Spinal Disord*. 2000;13(5):438–43. <https://doi.org/10.1097/00002517-200010000-00012>