

Signos predictivos de dolor discógeno lumbar: correlación de la RM con la discografía

HERNÁNDEZ MARTÍNEZ A.; PELLISÉ URQUIZA F.; BECERRA FONTAL J. A.; ROVIRA A.;
BAGÓ GRANELL J., y VILLANUEVA LEAL C.

Hospital de Traumatología y Rehabilitación Vall d'Hebron. Unidad de Estudio de la Patología del Raquis.
* Instituto de Diagnóstico por la Imagen (IDI). Barcelona.

RESUMEN: Objetivo: Correlacionar los hallazgos de la resonancia magnética (RM) con la discografía para determinar el valor predictivo de distintos signos de RM en la identificación del espacio lumbar degenerado sintomático.

Material y método: Se han evaluado 61 discos en 37 pacientes tributarios de tratamiento quirúrgico por enfermedad discal degenerativa. Se evaluó la RM de todos los pacientes, valorando los siguientes parámetros: señal del disco en T2, altura discal, cambios en la esponjosa subcondral, morfología discal y señal de alta intensidad en el anulus posterior. La discografía fue positiva cuando desencadenó dolor típico y concordante.

Resultados: La pérdida de altura discal y los cambios en la esponjosa subcondral descritos por Modic se mostraron como señales con una elevada especificidad (100% y 91%), pero con escasa sensibilidad diagnóstica (24% y 37%). La disminución de la señal en T2 fue el signo radiológico con mayor sensibilidad.

Las zonas de alta intensidad presentaron una especificidad del 79%, una sensibilidad del 15% y un valor predictivo positivo del 71%.

Conclusiones: Los cambios tipo Modic, y la pérdida de altura discal evidente tienen mayor especificidad y valor predictivo positivo (VPP) que las zonas de alta intensidad. Las zonas de alta intensidad no son un signo predictor fiable de dolor discal. La escasa sensibilidad de la mayoría de los signos radiológicos hace que en la actualidad, la resonancia magnética no pueda reemplazar a la discografía en la identificación de los discos lumbares degenerados sintomáticos.

Correspondencia:

Dr. A. HERNÁNDEZ LÓPEZ.
Hospital de Traumatología Vall d'Hebron.
Avenida Valle Hebrón 119-129.
08035 Barcelona.
Tel.: 93 489 34 81
Fax: 93 489 35 66

Recibido: Diciembre de 2001.
Aceptado: Mayo de 2002.

PALABRAS CLAVE: Columna lumbar. Dolor lumbar. Diagnóstico. Imagen. Discografía. Resonancia magnética.

Signs predictive of lumbar disk pain: correlation between MRI and discography

ABSTRACT: Objective: The findings of magnetic resonance imaging (MRI) were correlated with discography to determine the predictive value of different MRI signs in the identification of symptomatic degenerative lumbar space.

Materials and methods: We evaluated 61 disks in 37 patients eligible for surgical treatment of degenerative disk disease. The MRI of all patients were evaluated to assess the following parameters: disk sign in T2, disk height, changes in the subchondral cancellous bone, disk morphology, and high intensity sign in the posterior annulus. The discography was positive when typical, congruent pain was triggered.

Results: Loss of disk height and changes in subchondral cancellous bone described by Modic were found to be highly specific (100% and 91%) but had scant diagnostic specificity (24% and 37%). The most sensitive radiological sign was the reduction in the T2 sign. Zones of high intensity had a specificity of 70%, sensitivity of 15%, and positive predictive value of 71%.

Conclusions: Modic type changes and evident loss of disk height were more specific and had a higher positive predictive value (PPV) than high intensity zones. High intensity zones are not a reliable predictor of disk pain. The scant sensitivity of most radiological signs means that magnetic resonance imaging still cannot replace discography in the identification of symptomatic degenerated lumbar disks.

KEY WORDS: Lumbar spine. Lumbar pain. Diagnosis. Imaging. Discography. Magnetic resonance imaging.

La degeneración de los discos intervertebrales es un proceso ligado a la edad y no siempre sintomático¹. La prevalencia de cambios radiológicos degenerativos en la columna lumbar de la población adulta asintomática es muy elevada. Hasta un 30% de la población asintomática mayor de 20 años y hasta un 57% de los mayores de 60 años tendrán signos de degeneración discal en la resonancia magnética (RM) de la columna lumbar¹.

La discografía, a pesar de sus limitaciones, es la única exploración que ayuda a diferenciar el espacio discal degenerado sintomático del asintomático². Identifica el disco sintomático y se considera positiva cuando la inyección de contraste en el espacio discal desencadena el dolor típico y concordante con la sintomatología del paciente³⁻⁷. La fiabilidad de la discografía es elevada⁷, aunque se ha demostrado que varía en función de la personalidad y perfil psiquiátrico del paciente explorado^{7,8} (Fig.1). Carragee et al encontraron una elevada tasa de falsos positivos en pacientes con alteraciones psicósomáticas y en aquellos con dolor crónico no lumbar⁸.

La selección preoperatoria, de los pacientes y de los discos sintomáticos, mediante discografía, mejora significativamente los resultados clínicos de las artrodesis lumbares⁹. Colhoun et al, en un estudio prospectivo sobre 195 pa-

cientes, intervenidos por dolor lumbar crónico obtuvieron, tras un período medio de seguimiento de 3,6 años, un 89% de resultados postoperatorios satisfactorios en los 137 pacientes con discografía preoperatoria positiva, frente a un 52% de resultados satisfactorios en los pacientes con discografía negativa⁹.

La discografía es, sin embargo, una exploración invasiva y dolorosa, no exenta de complicaciones.^{10,11} Entre ellas se han citado la alergia al contraste, la lesión neurológica y la discitis. Fraser et al, en un estudio sobre 432 pacientes, encontraron una tasa de discitis del 2,3% por paciente y del 1,3% por disco explorado, sin utilizar profilaxis antibiótica¹⁰.

Se ha sugerido que determinados signos de la RM identifican fiablemente los discos degenerados sintomáticos, haciendo innecesario realizar una discografía. La presencia de una zona de alta intensidad en el *annulus* posterior del disco degenerado en las secuencias T2 y los cambios de señal en la esponjosa subcondral adyacente a los discos degenerados son los signos de RM más relacionados con una discografía positiva^{12,13}. La disminución de la señal en T2 y la alteración de la morfología discal también se han asociado con la presencia de un espacio discal degenerado sintomático^{5,14}.

Sin embargo, los trabajos publicados hasta la fecha son contradictorios y el valor predictivo de alguno de los signos más característicos varía en función de los autores. El objetivo de este estudio es correlacionar los hallazgos de la RM con los de la discografía para determinar el valor predictivo de distintos signos de la RM en la identificación del espacio discal lumbar degenerado, sintomático.



Figura 1. Discografía de los niveles L3-L4 y L4-L5.

MATERIAL Y MÉTODO

Se han evaluado 61 discos en 37 pacientes con dolor lumbar crónico de más de 6 meses de evolución, diagnosticados de enfermedad discal degenerativa y tributarios todos ellos de cirugía. La edad media de los pacientes fue 56 años (mínimo: 29 y máximo: 80 años), veintiseis eran varones y once mujeres.

Los discos explorados fueron: el nivel L3-L4 en 11 ocasiones, el nivel L4-L5 en 31 ocasiones y el L5-S1 en 19 ocasiones. En 4 pacientes se evaluaron tres discos, en 16 pacientes, dos discos y 17 pacientes un solo disco.

Un mismo neurorradiólogo (A.R.), evaluó de forma ciega todas las RM previas a la discografía. Los parámetros valorados en la RM fueron: la señal del disco en T2, la altura discal, los cambios de señal en la esponjosa subcondral, la presencia de una señal de alta intensidad en el *annulus* posterior y la morfología discal. La señal del disco en T2 se consideró: a) tipo I o normal; b) tipo II o hipointensa con hendidura nuclear, y c) tipo III o hipointensa sin hendidura nuclear. La altura discal se clasificó en tres grados: a) altura normal, b) pinzamiento ligero cuando la pérdida de altura

fue menor del 50%, y c) pinzamiento evidente o degeneración masiva cuando fue mayor del 50%.

Para los cambios de señal en la esponjosa subcondral adyacente al disco degenerado se utilizó la clasificación propuesta por Modic: a) tipo I cuando la señal de la esponjosa subcondral es hipointensa en T1 e hiperintensa en T2; b) tipo II cuando es hiperintensa en T1 y en T2, y c) tipo III cuando es hipointensa en T1 y en T2.¹³

La morfología discal fue clasificada en 4 categorías de acuerdo con el concepto DEBIT (*Disc Extension Beyond Interspace*)¹⁵: a) disco normal cuando no tiene extensión posterior; b) abombamiento cuando existe una extensión posterior simétrica y circunferencial que va más allá de los platillos vertebrales; c) protusión cuando la RM muestra una extensión focal y asimétrica del disco dentro del canal medular, con base más ancha que cualquier otra dimensión; d) extrusión cuando la extensión del disco en el interior del canal es focal y asimétrica y además la base de implantación es más estrecha que el diámetro.¹⁵

Todas las discografías fueron realizadas por dos cirujanos de la unidad de raquis, utilizando la técnica descrita por Aprill, bajo control de escopia^{12,16}. El volumen medio de contraste inyectado fue de 2,75 cc por disco (mínimo 0 y máximo 7). El dolor se evaluó antes y durante la inyección de contraste, utilizando una escala visual analógica (VAS) puntuable de 0 a 10. El dolor desencadenado por la discografía se clasificó en 3 categorías: a) no dolor; b) dolor concordante o típico y c) dolor atípico ó diferente. Se consideró dolor concordante al dolor lumbar desencadenado por la discografía con mismas características que el experimentado habitualmente por el paciente. La discografía fue positiva cuando desencadenó dolor concordante, típico y negativa cuando desencadenó dolor atípico o no se acompañó de dolor.

Para evaluar la correlación entre la RM y la discografía positiva se calculó la sensibilidad, la especificidad y el valor predictivo positivo de cada uno de los signos estudiados en la RM^{1,3}.

RESULTADOS

Antes de realizar la discografía la intensidad media del dolor lumbar, medida en la escala visual analógica, fue de 3,96 (mínimo 0 y máximo 8). Durante la discografía la intensidad media del dolor fue de 4,54 (mínimo 0 y máximo 10).

En 38 discos (62%) la discografía fue positiva y en 23 (3,8%) negativa; de éstos, en 20 (33%) no desencadenó dolor y en 3 (5%) generó un dolor no concordante.

De los 61 discos explorados, 35 (57%) presentaron una altura discal normal, 17 (27%) una pérdida de altura ligera y 9 (15%) una pérdida de altura evidente. La pérdida de altura discal evidente se mostró como una señal muy específica (100%), con un VPP del 100%, mostrándose la discografía

positiva en los 9 casos en los que se encontró esta señal. Sin embargo, de los 38 casos en los que la discografía fue positiva 14 (37%) tenían una pérdida de altura ligera y 15 (39%) tenían una altura discal normal. Todo esto supuso una sensibilidad baja (23,6%), para la pérdida de altura discal evidente (Tabla 1).

Cuarenta y cinco discos (74%) no presentaban cambios de señal en la esponjosa subcondral adyacente al disco degenerado, 5 (8%) presentaban cambios de tipo I y 11 (18%) cambios de tipo II. No se encontraron discos con cambios de señal de tipo III. La presencia de cambios de señal tipos I o II de Modic en la esponjosa subcondral tuvo una especificidad del 91%. De los 16 discos con cambios tipos I o II de Modic, 14 tenían una discografía positiva; sin embargo, de los 38 discos con discografía positiva 24 no presentaban cambios en la esponjosa subcondral. Esto supuso una sensibilidad del 36,8% y un valor predictivo positivo del 87,5% (Tabla 2).

En 4 discos (6,6%) la señal en secuencia T2 fue normal, en 22 discos (36%) la señal fue hipointensa con hendidura nuclear y en 35 discos (57,4%) la señal fue hipointensa sin hendidura. La disminución de la señal del disco en T2 fue el signo radiológico con mayor sensibilidad (71%). De los 38 discos con discografía positiva, 27 eran hipointensos sin hendidura en T2. Sin embargo, de los 35 hipointensos sin hendidura, 8 tenían una discografía negativa, lo que arroja una especificidad del 65% y un valor predictivo positivo del 77% (Tabla 3).

Once discos (18%) presentaron una morfología discal normal, 21 (34%) tenían abombamiento, 20 (33%) protusión y 9 (15%) extrusión. La presencia de extrusión mostró una sensibilidad del 18,4% pero una especificidad del 91% con un VPP del 78% (Tabla 4) (Fig. 2).

Al valorar las zonas de alta intensidad, los resultados variaron en función de la definición utilizada. Cuando se emplearon los criterios de Stadnik¹⁷ en los que todo aumen-

Tabla 1. Resultados de la discografía

Altura discal	Discografía		
	No dolor	Dolor concordante	Dolor atípico
Normal	18	15	2
P. evidente		9	
P. ligero	2	14	1

p= pérdida.

Tabla 2. Discografías de los discos con cambios tipo I y II de Modic

Modic	Discografía		
	No dolor	Dolor concordante	Dolor atípico
No presente	19	24	2
I	1	4	
II		10	1

Tabla 3. Relación entre discografía y señal en T2

Señal disco T2	Discografía		
	No dolor	Dolor concordante	Dolor atípico
Hipertenso	3	1	
Hipertenso con hendidura	10		
Hipointenso sin hendidura	7	27	1

Tabla 4. Morfología de los discos

Morfología	Discografía		
	No dolor	Dolor concordante	Dolor atípico
Abombamiento	6	13	2
Extrusión	2	7	
Normal	6	4	1
Protusión	6	14	

to de señal en el *annulus* posterior en T2 es considerado zona de alta intensidad, la especificidad fue del 52% y la sensibilidad del 38% con un VPP del 59%. Sin embargo, al utilizar los criterios más restrictivos de Aprill y Schellhas^{12,18}, que no incluyen las señales laterales ni posterolaterales, la sensibilidad fue del 15%, la especificidad del 79% y el valor predictivo positivo del 71% (Tabla 5) (Fig. 3).

DISCUSIÓN

Entre los 20 y 39 años de edad, un 21% de la población asintomática tiene alguna hernia discal lumbar, un 1% tiene

Tabla 5. Interpretación según diferentes criterios

Señal alta intensidad en T2	Discografía	
	Dolor típico	No dolor o dolor atípico
Criterios Stadnik		
No	21	10
Sí	13	9
Criterios Aprill y Schellas		
No	29	15
Sí	5	4

estenosis de canal lumbar y hasta un 34% presenta signos de degeneración discal lumbar¹. Estas cifras aumentan significativamente con la edad. A partir de los 60 años, un 36% de la población asintomática tendrá alguna hernia discal, un 21% estenosis de canal y un 93% signos de degeneración discal lumbar¹. La elevada prevalencia de los cambios degenerativos discales en la RM lumbar de la población asintomática, unida a las características somatotópicas del dolor discogénico hacen muy difícil conocer, ante un paciente con dolor lumbar crónico, cuál es la causa de su dolor^{1,3,4}.

En 1988 el comité de expertos de la North American Spine Society concluyó que, en la actualidad, la discografía es el único método diagnóstico capaz de distinguir los discos degenerados dolorosos de los asintomáticos². La discografía identifica el disco doloroso reproduciendo el dolor típico que habitualmente presenta el paciente, al inyectar contraste en el interior del disco^{19,20}. Se trata de una exploración invasiva y dolorosa, no exenta de complicaciones^{10,11}. En los últimos años algunos estudios han sugerido que determinados signos de la RM lumbar identifican de forma

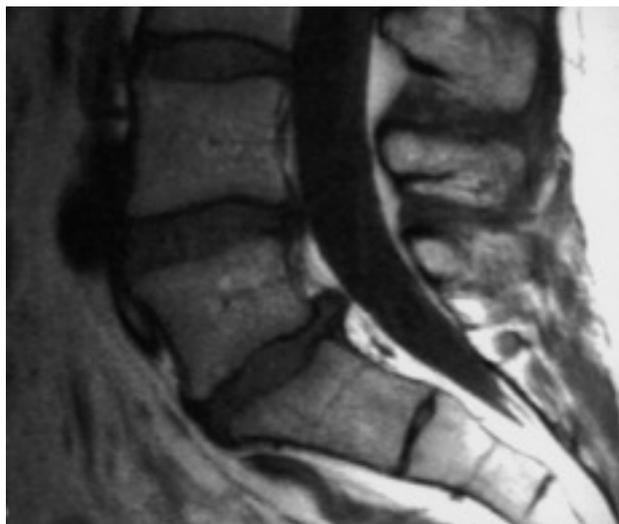


Figura 2. Extrusión discal L5-S1.

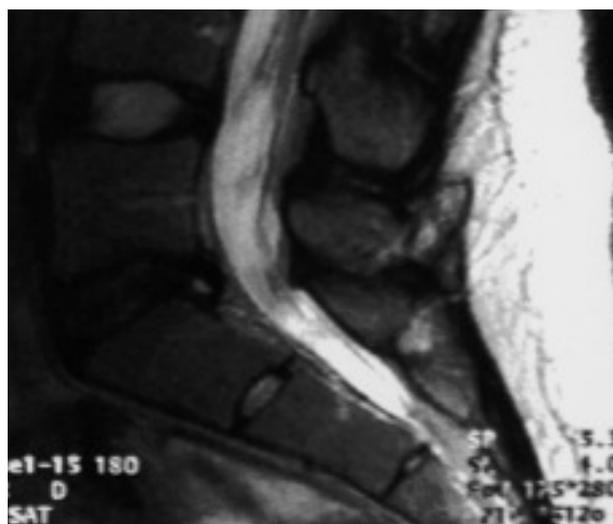


Figura 3. Zona de alta intensidad en el *annulus* posterior.

fiable los discos sintomáticos, haciendo innecesario el estudio discográfico^{12,13,18,21-23}. Entre estos signos se incluyen la presencia de zonas de alta intensidad en el *annulus* posterior del disco degenerado, los cambios de señal en la esponjosa subcondral descritos por Modic y la pérdida importante de altura discal^{5,12,18}.

Las zonas de alta intensidad en T2, corresponderían a material mucoide de origen nuclear asociado a tejido de granulación y nuevos vasos sanguíneos atrapados entre las fibras más externas del *annulus* y el ligamento longitudinal posterior¹². Aprill et al evaluaron a 500 pacientes y hallaron que la presencia de zonas de alta intensidad en el *annulus* posterior se correlaciona significativamente con la disrupción del *annulus* y con una discografía positiva. En su estudio este signo se mostró como un predictor fiable para identificar los discos degenerados sintomáticos, presentando una especificidad del 89%, una sensibilidad del 71% y un valor predictivo positivo del 86%¹². Estos datos fueron corroborados posteriormente por Schellhas et al, que evaluaron 100 discos lumbares con zonas de alta intensidad en el *annulus* posterior de los que 87 generaron dolor concordante y mostraron una rotura del *annulus* posterior¹⁸. Sin embargo, otros trabajos y nuestros propios resultados cuestionan la fiabilidad de las zonas de alta intensidad en la identificación de los espacios discales sintomáticos^{5,22}. Ito et al evaluaron 101 discos y hallaron para las zonas de alta intensidad un VPP del 60%, una especificidad del 89,7% y una sensibilidad del 52,2%⁵. Esta discrepancia puede ser mayor en función de la definición de zona de alta intensidad adoptada. Aprill sólo considera zona de alta intensidad las señales hiperintensas del *annulus* posterior en T2 localizadas en línea media¹². Siguiendo esta definición nuestros resultados serían similares a los obtenidos por Ito et al (especificidad 79% y VPP 71%)⁵ aunque con una sensibilidad inferior (15%). Tomando la definición más amplia de Stadnik, que entiende como zona de alta intensidad cualquier señal hiperintensa del *annulus* posterior en T2, la especificidad de la imagen disminuye hasta el 53% y el VPP hasta el 59%¹⁷. Los hallazgos en población asintomática demuestran que la presencia de zonas de alta intensidad no siempre se asocia a dolor lumbar. Estudios recientes en población adulta han hallado una prevalencia muy elevada de las zonas de alta intensidad en individuos asintomáticos, que oscila entre un 24% si se adopta la definición restrictiva de Aprill y un 47% si se adopta la definición de Stadnik^{8,17}. Carragee et al⁸, evaluando la presencia de zonas de alta intensidad en el *annulus* posterior en individuos sintomáticos y asintomáticos, encontró una prevalencia del 24% en población asintomática. Estos hallazgos apoyan sin duda los resultados de los trabajos que atribuyen menor especificidad y valor predictivo positivo a las zonas de alta intensidad en el *annulus* posterior.

Existe mayor unanimidad respecto al valor predictivo de los cambios de señal visualizados en la esponjosa sub-

condral adyacente a los discos degenerados. En 1988 Modic describió tres tipos de cambio de señal en la esponjosa subcondral. Los cambios de tipo I, en los que la señal de la esponjosa es hipointensa en secuencias T1 e hiperintensa en secuencias T2, corresponderían a la sustitución de la grasa habitual por tejido fibrovascular y edema. Los cambios de tipo II, con señal hiperintensa en secuencias T1 y T2, corresponderían a un incremento de la grasa habitual en la esponjosa subcondral. Los cambios tipo III, caracterizados por una señal hipointensa en la esponjosa subcondral en secuencias T1 y T2, corresponderían a la esclerosis del hueso subcondral¹³. No existen datos de prevalencia de los cambios descritos por Modic en población asintomática. Sin embargo, en casi todos los trabajos que evalúan el valor predictivo de los signos de RM se presentan como el signo radiológico más fiable para identificar los discos degenerados sintomáticos^{4,21,24}. En nuestro estudio, como en el de Ito⁵, los cambios de Modic y la pérdida de altura discal evidente fueron los signos con mayor valor predictivo positivo. Al respecto, hay que señalar que en nuestros pacientes todos los discos con pérdida de altura evidente tenían cambios de Modic en la esponjosa subcondral. Ambos signos mostraron escasa sensibilidad diagnóstica con una elevada cantidad de falsos negativos. La presencia de estos signos radiológicos permitiría reconocer los discos sintomáticos, pero su ausencia no identificaría los asintomáticos.

La disminución de la señal discal en T2 traduce la deshidratación del disco intervertebral y determina la existencia de un proceso degenerativo a nivel discal. Es el hallazgo más común en población asintomática y por ello el signo con menor capacidad para identificar los discos sintomáticos³. Distintos estudios han relacionado las alteraciones en la morfología discal con la degeneración discal y la presencia de síntomas asociados^{14,15}. Millette et al estudiaron la correlación entre la morfología discal visualizada en la RM y la discografía en 135 discos de 45 pacientes con dolor lumbar crónico. En sus conclusiones, el abombamiento discal simétrico y la protusión discal no identifican los discos sintomáticos mejor que la disminución de altura discal, disminución de la señal en T2 o la presencia de zonas de alta intensidad en el *annulus* posterior¹⁴. En nuestro estudio, el abombamiento discal simétrico y la protusión discal presentaron un escaso valor predictivo positivo. Estos resultados quedan respaldados por la elevada prevalencia de estos signos en la población asintomática³. Los estudios de Stadnik et al hallaron prevalencias del 81% y del 33% respectivamente¹⁷. No sucede lo mismo con la extrusión discal, cuyo VPP en la identificación del disco sintomático es del 78% y cuya prevalencia en población asintomática es nula¹⁷.

De nuestros resultados deducimos que los cambios de señal en la esponjosa subcondral adyacente al disco degenerado, descritos por Modic y la pérdida de altura discal evidente tienen mayor especificidad y VPP que las zonas de alta intensidad en el *annulus* posterior para diferenciar los

discos lumbares degenerados sintomáticos de los asintomáticos. Por su escaso VPP y baja sensibilidad diagnóstica, las zonas de alta intensidad del *annulus* posterior no son un signo predictor fiable de dolor discal. A pesar de la elevada especificidad de algunos signos radiológicos, la escasa sensibilidad de la mayoría de ellos hace que en la actualidad la RM no pueda reemplazar a la discografía en la identificación de los discos lumbares degenerados sintomáticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Boden SD, Davis DO, Dina TS, Patronas NJ, Wiesel SW. Abnormal Magnetic-Resonance scans of the lumbar spine in asymptomatic subjects. *J Bone and Joint Surg Mar*, 1990;72-A:403-8.
2. NASS. Position statement on discography. *Spine* 1988;13:1343.
3. Boden SD. The use of radiographic imaging studies in the evaluation of patients who have degenerative disorders of the lumbar spine. *J Bone Joint Surg* 1996;78-A:114-23.
4. Horton WC, Daftari TK. Which disc as visualized by magnetic resonance imaging is actually a source of pain? *Spine* 1992;17:164-71.
5. Ito M, Incurvaia K, Yu S, Fredrickson BE, Yuan HA, Rosenbaum AE. Predictive signs of discogenic lumbar pain on magnetic resonance Imaging with discography correlation. *Spine* 1998;23:1252-60.
6. Schneiderman G, Flannigan B, Kingston S, Thomas J, Dillin WH, Watkins RG. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of disc degeneration: correlation with discography. *Spine* 1987;12:276-81.
7. Walsh Tr, Weinstein JN, Spratt K, Lehmann T, Aprill C, Sayre H. Lumbar discography in normal Subjects. *J Bone Joint surg* 1990;72 A:1081-8.
8. Carragee EJ, Paragioudakis SJ, Kurana S. Lumbar High-Intensity zone and discography in subjects without low back problems. *Spine* 2000; 25: 2987-92.
9. Colhoun E, Mc Call IW, Williams L, Cassar Pullicino VN. Provocation discography as a guide to planning operations on the spine. *J Bone Joint Surg* 1988;70-B: 267-71.
10. Fraser RD, Osti OL, Vernon-Roberts B. Discitis after discography. *J Bone Joint Surg* 1987; 69-B:26-35.
11. Frymoyer JW. *The adult spine: principles and practice*. Raven Press Ltd, New York. 1991.
12. Aprill C, Bogduk N. A diagnostic sign of painful lumbar disc on magnetic resonance imaging. *Br J Radiol* 1992;65: 361-9.
13. Modic MT, Masaryk TJ, Ross JS, Carter JR. Imaging of degenerative disk disease. *Radiology* 1988;168:177-86.
14. Milette PC, Fontaine S, Lepanto L, Cardinal E, Breton G. Differentiating lumbar disc protusions, disc bulges, and discs with normal contour but abnormal signal intensity. *Spine* 1999;24:44-53.
15. Brant-Zawadzki MN, Jensen MC, Obuchowski N, Ross JS, Modic MT. Interobserver and intraobserver variability in interpretation of lumbar disc abnormalities. *Spine* 1995;20:1257-64.
16. Weinstein J, Claverie W, Gibson S. The pain of discography. *Spine* 1988;18:1344-7.
17. Stadnik T, Lee R, Coen HL, Neiryneck EC, Buisseret TS, Osteaux M. Annular tears and disk herniation: prevalence and contrast enhancement on MR images in the absence of low back pain or sciatica. *Radiology* 1998; 206:49-55.
18. Schellhas KP, Pollei SR, Gundry CR, Heithoff KB. Lumbar disc high-intensity zone: Correlation of magnetic resonance imaging and discography. *Spine* 1996;21:79-86.
19. Brighbill TC, Pile N, Eichelberger RP, Whitman M. Normal magnetic resonance imaging and abnormal discography in lumbar disc disruption. *Spine* 1994;19:1075-7.
20. Zucherman J, Derby R, Hsu K, Picetti G, Kaiser J, Schofferman J, et al. Normal Magnetic Resonance imaging with abnormal discography. *Spine* 1988;13:1355-9.
21. Buirsky G. Magnetic resonance signal patterns of lumbar discs in patients with low back pain. *Spine* 1992;17:1199-204.
22. Ricketson R, Simmons JW, Hauser BO. The prolapsed intervertebral disc: The high-intensity zone with discography correlation. *Spine* 1996;21:2758-62.
23. Lam KS, Carlin D, Mulholland RC. Lumbar disc high-intensity zone: The value and significance of provocative discography in the determination of the discogenic pain source. *Eur Spine J* 2000;9:36-41.
24. Linson MA, Crowe CH. Comparison of magnetic resonance imaging and lumbar discography in the diagnosis if disc degeneration. *Clin Orthop* 1990;250:160-3.