



MR image of the intervertebral disc following discectomy

Obraz krążka międzykręgowego po discectomii w badaniu MR

© J ORTHOP TRAUMA SURG REL RES

Conference materials

Materiały konferencyjne

JERZY BIAŁECKI, WOJCIECH MARCZYŃSKI

Klinika ortopedii CMKP w Otwocku

Kierownik Kliniki: Prof. dr hab. n. med. Wojciech Marczyński

Address for correspondence/Adres do korespondencji:

Klinika Traumatologii i Ortopedii Wojskowego Instytutu Medycznego

ul. Szaserów 128, 00-909 Warszawa, Poland

Statistic/Statystyka

| | |
|--------------------------|----------|
| Word count/Liczba słów | 1026/861 |
| Tables/Tabele | 3 |
| Figures/Ryciny | 4 |
| References/Piśmiennictwo | 23 |

Summary

MRI of a group of 51 patients with clinical diagnosis of discopathy of the lumbar spine has been presented. The patients were subject to three MR examinations (before and 6 as well as 12 weeks after the surgery). This yielded the image of the intervertebral disc in discopathy and the healing processes following discectomy. MRI of the intervertebral disc 6 weeks post surgery was unspecific with no difference between recurrent hernia and post-surgical scar. For a clear image of post-surgical pathology, enhanced MRI with Gd-DTPA contrast is required.

Streszczenie

Przedstawiono obraz MR grupy 51 chorych z klinicznym rozpoznaniem choroby dyskowej kręgosłupa lędźwiowego. Chorych poddano 3-krotnemu badaniu MR (przed operacją i 6 oraz 12 tygodni po operacji). Pozwoliło to ustalić obraz krążka międzykręgowego w chorobie dyskowej oraz prześledzić procesy gojenia po discectomii. Stwierdzono, że obraz MR krążka międzykręgowego po 6-ciu tygodniach od zabiegu jest niecharakterystyczny i nie wykazuje różnicy pomiędzy dyskiem nawrotowym i blizną pooperacyjną, dopiero zastosowanie badań MR ze wzmocnieniem kontrastowym Gd-DTPA daje jasny obraz patologii pooperacyjnej.

INTRODUCTION

Discopathy of the lumbar spine is among the most frequent causes of back pain. Its incidence in man has been growing incessantly, giving it its present position of a civilization-related disease. The former methods of image-based diagnostics offered no possibility of evaluating the morphology of the intervertebral disc and its precise pathology. Only the introduction in 1984, in Aberdeen, of radiological diagnostics with magnetic resonance made it possible precisely to evaluate the intervertebral disc, its pathology and postoperative healing processes [1,2,3,4].

Today, the modern spiral computer tomography yields images that approximate the resonance imaging; however, as a method based on atomic radiation, it cannot be applied repeatedly. MR imaging that bases on dislocation of hydrogen protons, seems to be the best method of diagnosing pathologies of the intervertebral disc, monitoring the healing processes after discectomy, and identifying the causes of pain that persists after surgical treatment. Postoperative MR images tended to be unspecific and uncorrelated with the patient's usually good general condition, while introduction of contrasts (Gd-DTPA) in MR diagnostics has made it possible to differentiate between relapsing discopathy and postoperative scar.

OBJECT OF THE STUDY

The present study brings back the MR image of the intervertebral disc before and after discectomy and discusses the indications for Gd-DTPA contrast enhancement for differentiation of etiology of pain that persists after the surgery.

MATERIAL AND METHODS

Subjected to clinical and radiological examination have been 51 patients with the clinical diagnosis of discopathy of the lumbar spine, whose condition failed to improve after conservative treatment consisting in placement on slings in relieved position followed by rehabilitation [5,6]. The patients' original diagnosis was based on plain radiograms [6,7]. Within the study, the patients had MR examination once before the surgery and twice afterwards, in the sixth and twelfth week after the surgery. The preoperative MR images permitted confirmation of the original diagnosis of discopathy and its pathology, as well as formulation of precise indications for surgical treatment. The two postoperative MR examinations illustrated healing processes of the intervertebral disc after discectomy.

Symptoms characteristic of discopathy prevailed in the preoperative clinical examination: removal of the lumbar lordosis (in 98% of patients), restricted mobility of the lumbar spine (88.2%) and positive Lasegue symptom (96.1%). Found less frequently was: impaired superficial sensibility on the limb, reduced muscle power within the damaged motor segments, and muscular atrophies within the limb.

WSTĘP

Choroba dyskowa odcinka lędźwiowego należy do najczęstszych przyczyn dolegliwości bólowych kręgosłupa. Jej częstość występowania u człowieka stale wzrasta co spowodowało, że obecnie uznawana jest za chorobę cywilizacyjną. Stosowane w przeszłości metody diagnostyki obrazowej nie pozwalały na ocenę morfologii krążka międzykręgowego i jego dokładnej patologii. Dopiero wprowadzenie w 1984 r., w Aberdeen, diagnostyki radiologicznej za pomocą rezonansu magnetycznego umożliwiło dokładną ocenę krążka międzykręgowego, jego patologii, oraz procesów gojenia po zabiegach operacyjnych [1,2,3,4].

W chwili obecnej nowoczesna spiralna tomografia komputerowa daje obrazy zbliżone do rezonansowych, jednak jako metoda oparta na promieniowaniu jonizującym nie powinna być powtarzana wielokrotnie. Badanie MR, którego istotą jest przemieszczanie protonów wodorowych wydaje się być najlepsze do rozpoznawania patologii krążka międzykręgowego, monitorowania procesów gojenia po discectomii i przyczyn utrzymujących się po leczeniu operacyjnym dolegliwości bólowych. Uzyskiwane po operacjach obrazy MR były często jednak niecharakterystyczne i nie korelowały z najczęściej dobrym stanem ogólnym chorego, natomiast wprowadzenie do diagnostyki MR środków kontrastowych (Gd-DTPA) pozwoliło na różnicowanie pomiędzy dyskiem nawrotowym i blizną pooperacyjną.

CELE PRACY

Celem pracy jest przypomnienie obrazu MR krążka międzykręgowego przed i po discectomii oraz przedstawienie wskazań do zastosowania wzmocnienia kontrastowego Gd-DTPA dla różnicowania przyczyn pozostałych po leczeniu dolegliwości bólowych.

MATERIAŁ I METODY

Badaniu klinicznemu i radiologicznemu poddano grupę 51 chorych z klinicznym rozpoznaniem choroby dyskowej kręgosłupa lędźwiowego, u których leczenie zachowawcze polegające na ułożeniu na podwieszkach w pozycji odciążeniowej, a następnie rehabilitacji nie przyniosło poprawy [5,6]. Pierwotnie chorzy ci mieli wykonywane przeglądowe zdjęcia radiologiczne [6,7]. Grupa chorych poddana została badaniu MR przed operacją, a następnie dwukrotnie po zabiegu operacyjnym w 6-tym i 12-tym tygodniu. Uzyskane wyniki badań przedoperacyjnych MR pozwoliły na potwierdzenie rozpoznania choroby dyskowej i jej postaci patologicznej oraz postawienie precyzyjnych wskazań do leczenia operacyjnego. Natomiast dwukrotne badania pooperacyjne zobrazowały procesy gojenia krążka międzykręgowego po zabiegu discectomii.

W badaniu klinicznym przedoperacyjnym dominowały objawy typowe dla choroby dyskowej: zniesienie lordozy lędźwiowej (98% chorych), ograniczenie ruchomości odcinka lędźwiowego kręgosłupa (88,2%) i dodatni

The following was found most often in preoperative radiological examination: removal of the lumbar lordosis (98%), contraction of the intervertebral disc (90.2%) and lateral trunk deflection (62.7%).

Confrontation of the preoperative MR images with clinical examination as well as the plain and functional radiograms demonstrated high sensitivity of MR imaging. The pathology that was found most often in the latter examination was posterior-lateral hernia of the anulus (48.1%) followed by subligamentous hernia (29.4%).

RESULTS

All patients in the sample were subjected to standard surgical procedure of discectomy, which consisted in obtaining surgical approach to the spine along the spinous processes, reaching the spinal canal through fenestration, excision of fragments of the nucleus pulposus, and relief of the sensory root.

The intra surgery picture matched the preoperative MR image in 88.2%; the only inconsistencies pertained to pathology of the nucleus pulposus hernia, and not to location of the disc [8,9,10,11,12,13].

objaw Lasegue'a (96,1%). Rzadziej stwierdzano: osłabienie czucia powierzchownego na kończynie, osłabienie siły mięśniowej w zakresie uszkodzonych segmentów ruchowych i zaniki mięśni na kończynie.

W przedoperacyjnym badaniu radiologicznym najczęściej stwierdzano: zniesienie lordozy lędźwiowej (98%), zwężenie krążka międzykręgowego (90,2%) i boczne wychylenie tułowia (62,7%).

Porównanie przedoperacyjnych badań MR z badaniem klinicznym i zdjęciami radiologicznymi przeglądowymi i czynnościowymi wykazało wysoką czułość badania rezonansowego. W badaniach tych najczęstszą postacią patologiczną była przepuklina pierścienia tylnoboczna (48,1%), a następnie przepuklina podwiązadłowa (29,4%).

WYNIKI

Wszystkich chorych z tej grupy poddano typowemu leczeniu operacyjnemu- discectomii polegającej na wykonaniu dojścia operacyjnego do kręgosłupa w linii wyrostków kolczystych, dotarciu do kanału kręgowego przez fenestrację, a następnie na wycięciu fragmentów jądra miazdżystego oraz odciążenia korzenia nerwowego.

Obraz śródoperacyjny był zgodny z przedoperacyjnym badaniem MR w 88,2%, a niezgodności dotyczyły jedynie postaci patologicznej przepuklin jądra miazdżystego, nie zaś lokalizacji dysku [8,9,10,11,12,13].

Tab. 1. Pre-surgery MR image

| | |
|--|------------------------|
| Posterior lateral herniation of the anulus | 22 patients (48.1%) |
| Subligamentous hernia | 15 patients (29.4%) |
| Intraspinal prolapse of the nucleus pulposus | 6 patients (11.8%) |
| Posterior herniation of the anulus | 4 patients (7.8%) |
| Lateral herniation of the anulus | 4 patients (7.8%) |
| Lowering of the nucleus pulposus | 47 patients (92.2%) |
| Lowering of the signal from the nucleus pulposus | 51 patients (100%) |

Tab. 2. MRI 6 weeks post surgery

| | |
|---|------------------------|
| Herniation of the anulus at surgery level | 47 patients (92.2%) |
| Lowering of the signal from the intervertebral disc | 46 patients (90.2%) |
| Lowering of the intervertebral disc | 41 patients (80.4%) |
| Granulation from hematoma under organization | 37 patients (72.5%) |
| Intraspinal scars and/or adhesions | 19 patients (37.3%) |

Tab. 1. Obraz MR przed zabiegiem operacyjnym

| | |
|--|-----------------------|
| Wypuklina pierścienia tylnoboczna | 22 chorych (48,1%) |
| Przepuklina podwiązadłowa | 15 chorych (29,4%) |
| Wypadnięcie dokanałowe jądra miazdżystego | 6 chorych (11,8%) |
| Wypuklina pierścienia tylna | 4 chorych (7,8%) |
| Wypuklina pierścienia boczna | 4 chorych (7,8%) |
| Obniżenie krążka międzykręgowego | 47 chorych (92,2%) |
| Obniżenie sygnału z krążka międzykręgowego | 51 chorych (100%) |

Tab. 2. Objawy w MR po 6 tygodniach od zabiegu operacyjnego

| | |
|--|-----------------------|
| Uwypuklenie pierścienia na poziomie operacji | 47 chorych (92,2%) |
| Obniżenie sygnału z krążka międzykręgowego | 46 chorych (90,2%) |
| Obniżenie krążka międzykręgowego | 41 chorych (80,4%) |
| Obecność ziarniny z organizującego się krwiaka | 37 chorych (72,5%) |
| Blizny i/lub zrosty wewnątrzkanałowe | 19 chorych (37,3%) |

Beside the typical symptoms of protrusion of the intervertebral disc, reduction of its signal in T2-dependent images and lowering of its level, postoperative MR images taken 6 weeks after the surgery revealed, in 72.5% of cases, the presence of tissue of a signal similar to that from the nucleus pulposus or a scar on the anterior wall of the spinal canal. This suggested either incomplete excision of the nucleus pulposus hernia, or an intra canal scar, and pressure on the dural sac; the MR image was not correlated with the usually good general condition of the patients [12,13]. High sensitivity and specificity was restored in the MR images taken 12 weeks after the surgery. In all cases where pathological lesions were observed in MR images, clinical pathology was also found.

The study shows that MR is the examination of choice for pre- and postoperative imaging of discopathy lesions of the intervertebral disc; however, Gd-DTPA enhancement is advisable for correct diagnosis of pathologies in the early postoperative period [14,15,16].

W badaniu pooperacyjnym MR wykonanym po 6 tygodniach od zabiegu oprócz typowych objawów wypuklenia krążka międzykręgowego, obniżenia w obrazach T2-zależnych jego sygnału i obniżenia wysokości, stwierdzono w 72,5% przypadków na przedniej ścianie kanału kręgowego obecność tkanki o sygnale zbliżonym do sygnału z jądra miażdżystego lub blizny. Zmiana ta mogła sugerować niedoszczętne wycięcie przepukliny jądra miażdżystego lub bliznę śródkanałową, sugerowała ucisk na worek oponowy, przy czym obraz MR nie korelował z najczęściej dobrym stanem ogólnym chorego [12,13]. Natomiast obraz MR po 12 tygodniach od operacji wykazywał ponownie wysoką czułość i specyficzność. We wszystkich przypadkach obserwowanych w obrazach MR zmian patologicznych, stwierdzano również patologię kliniczną.

Przeprowadzone badania wykazały, że badanie MR jest badaniem z wyboru dla obrazowania przed i pooperacyjnych zmian w krążku międzykręgowym w chorobie dyskowej, jednak do prawidłowego rozpoznania patologii we wczesnym okresie pooperacyjnym wskazane jest wykonanie badań ze wzmocnieniem kontrastowym Gd-DTPA [14,15,16].

Fig. 1. Patient aged 45 with foot drop and dysuria. Intraspinous prolapse of the nucleus pulposus L4L5 with critical spinal stenosis
Ryc. 1. Chory lat 45 z opadaniem prawej stopy i zaburzeniami w oddawaniu moczu. Dokanałowe wypadnięcie jądra miażdżystego L4L5 z krytycznym zwężeniem światła kanału kręgowego

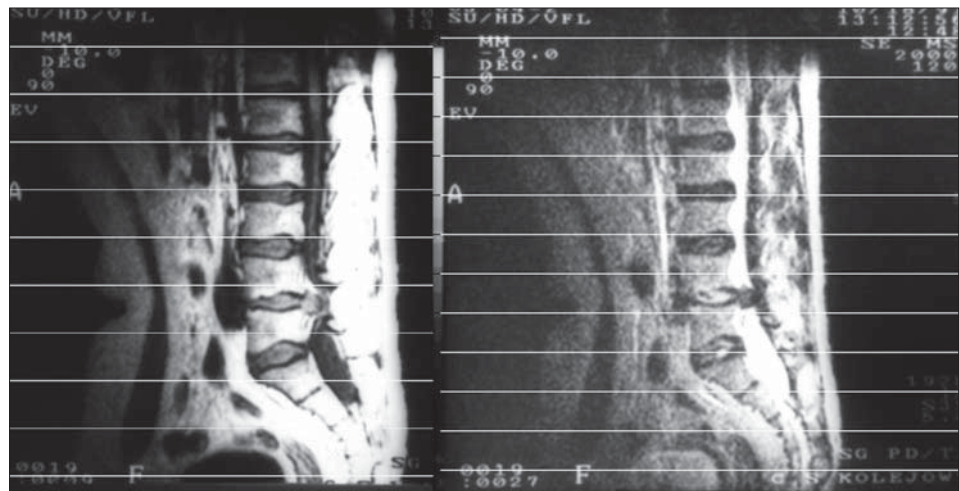
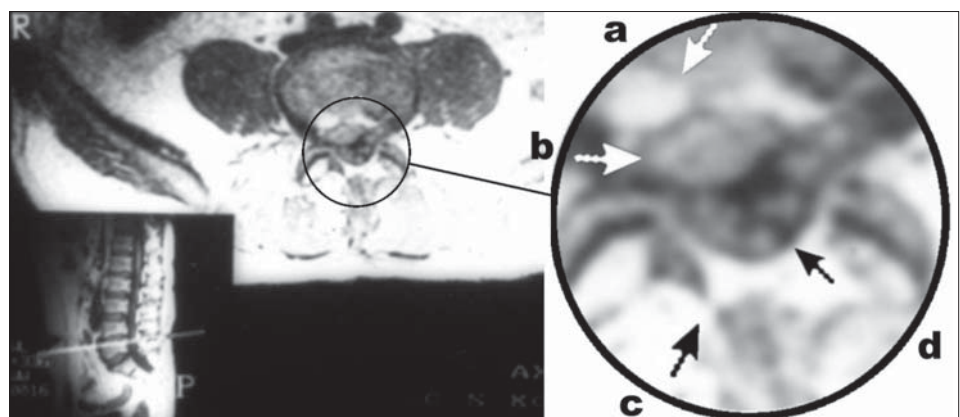


Fig. 2. MRI of L4L5 disc 6 weeks after discectomy. On the anterior wall of the canal, tissue with a signal similar to that of unexcised hernia of the nucleus pulposus (b), degenerative lesions in the vertebral body (a), vertebral arch defect following fenestration, dural sac (d)

Ryc. 2. Obraz krążka L4L5 w 6 tygodni po discektomii. Na przedniej ścianie kanału tkanka o sygnale podobnym do pozostałej przepukliny jądra miażdżystego (b), zmiany degeneracyjne w trzonie kręgowym (a), ubytek łuku kręgowego po fenestracji (c), worek oponowy (d)



Tab. 3. MRI 12 weeks post surgery

| | |
|--|---------------------|
| Lowering of the signal from the intervertebral disc | 46 patients (90.2%) |
| Lowering of the intervertebral disc | 41 patients (80.4%) |
| Herniation of the anulus at surgery level | 24 patients (47.1%) |
| Presence of intraspinal scars and/or adhesions | 19 patients (37.3%) |
| Presence of oedematous lesions on surfaces of the vertebral body adjacent to the operated disc (in all cases, the lesions were smaller compared to MRI 6 weeks before) | 10 patients (19.6%) |

Tab. 3. MRI 12 weeks post surgery

| | |
|---|--------------------|
| Obniżenie sygnału z krążka międzykręgowego | 46 chorych (90,2%) |
| Obniżenie krążka międzykręgowego | 41 chorych (80,4%) |
| Uwypuklenie pierścienia na poziomie operacji | 24 chorych (47,1%) |
| Obecność blizn i/lub zrostów śródkanałowych | 19 chorych (37,3%) |
| Obecność zmian obrzękowych w przylegających do operowanego krążka powierzchniach trzonów kręgowych (we wszystkich przypadkach były one mniejsze niż w badaniu przed 6 tygodniami) | 10 chorych (19,6%) |

Fig. 3. MRI 12 weeks post surgery. The typical protrusion of the anulus fibrosus into the spinal canal remains. In T-2 dependent image, signal from the operated intervertebral disc indicates slight degenerative lesions.

Ryc. 3. Obraz MR po 12 tygodniach od zabiegu operacyjnego. Pozostało typowe uwypuklenie pierścienia włóknistego do kanału kręgowego. W obrazie T-2 zależnym sygnał z operowanego krążka międzykręgowego wskazuje na niewielkie zmiany degeneracyjne

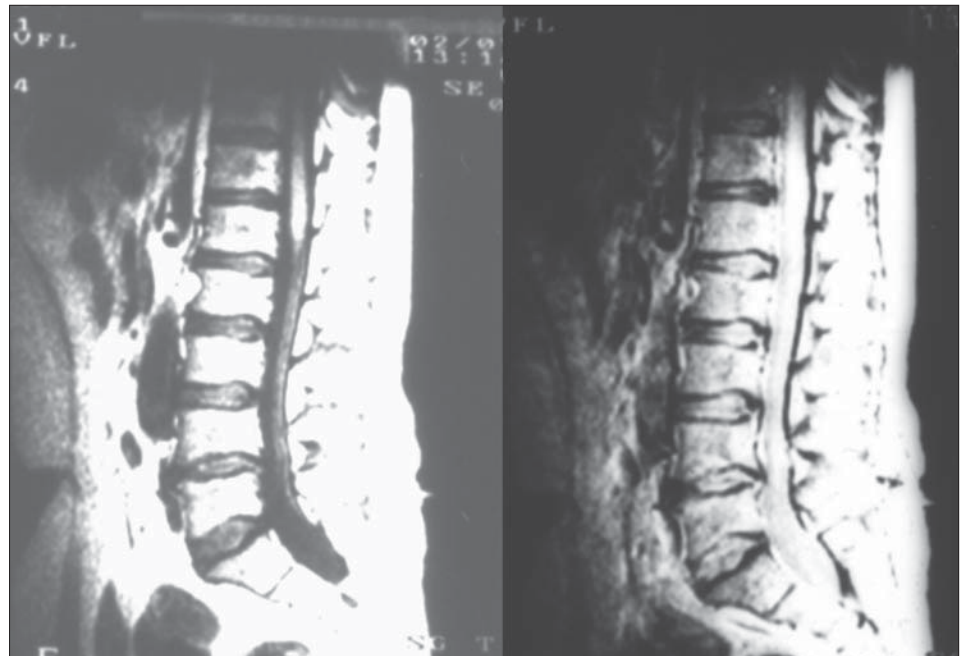
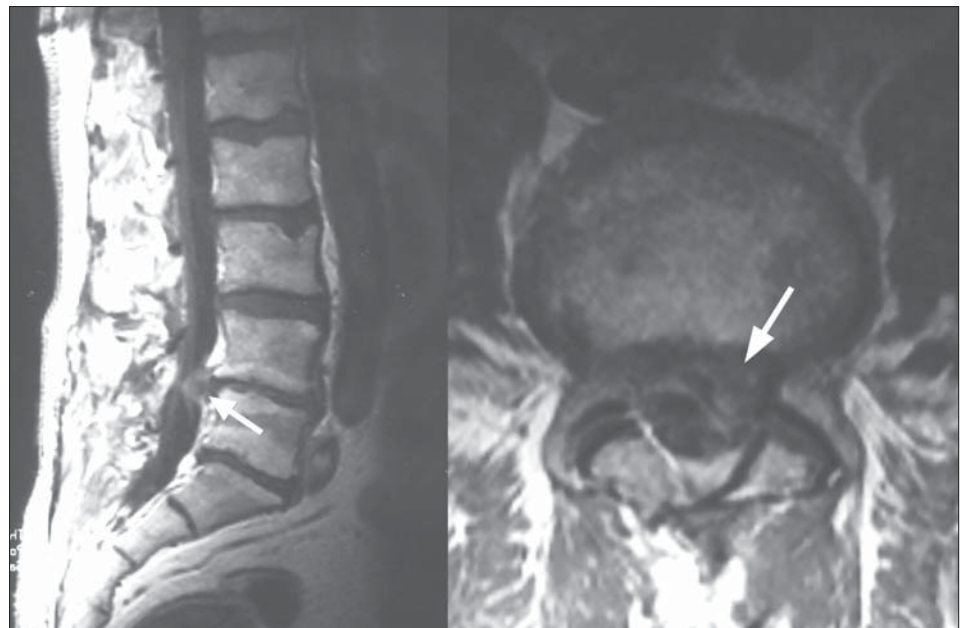


Fig. 4. Patient with recurrent hernia of the nucleus pulposus L4L5. Administration of Gd-DTPA permitted differentiation between scar and recurrent hernia. The arrow indicates a low signal from the hernia of the nucleus pulposus and a high signal from the scar from previous surgeries

Ryc. 4. Chory z przepukliną nawrotową jądra miążdżystego L4L5. Podanie Gd-DTPA umożliwiło różnicowanie pomiędzy blizną i dyskiem nawrotowym. Strzałka wskazuje niski sygnał z przepukliny j.m i wysoki sygnał z blizny po poprzednich operacjach



DISCUSSION

The most important question asked within diagnosis of the causes of pain after discectomy is whether the pain is caused by relapsing hernia of the nucleus pulposus, or by the scar resulting from discectomy. As we know from experience, the prognosis is good in the case of repeated surgery of relapsing hernia, as opposed to removal of scars from the meninx and roots [16,17,20].

To make data from MR images more specific, a group of 42 patients (18 females and 24 males) with persistent back pain and sciatica after discectomy or pain relapsing after a stretch of time were examined at the Orthopedic Teaching Hospital of the Medical Centre for Postgraduate Education. Gd-DTPA enhanced MRI made it possible to diagnose relapsing hernia of the nucleus pulposus in 15 cases. Paramagnet (Magnevist) administered intravenously intensified the scar and permitted differentiation between an intra canal scar and a relapsing hernia [18,19,21]. All patients with relapsing hernia had repeated surgery consisting in revision of the intervertebral space (extended fenestration or laminectomy), repeated discectomy, and the PLIF intervertebral fusion with own bone pegs or cages [5,6,16]. In those cases, intra surgery confirmation of lesions found in the MR examination was obtained. In the group of 27 patients with a diagnosed intra canal scar, 15 only were subjected to surgery; the rest were qualified for conservative treatment and rehabilitation.

Contrast enhanced MR examination confirmed its value as the examination of choice when diagnosing complaints after discectomy. This is in keeping with the findings of Masaryk, Modic, Ross and Szypryt [21,22,23].

CONCLUSIONS

1. MR imaging is the examination of choice in pre- and postoperative diagnosis of discopathy, which permits precise evaluation of the pathology as well as monitoring of the healing processes of the intervertebral disc.
2. MR changes 6 weeks after the surgery are unspecific; for this reason, Gd-DTPA enhanced imaging is advisable for evaluation of pain persisting after discectomy.

DYSKUSJA

W diagnostyce przyczyn dolegliwości bólowych pozostających po discectomii najważniejszym pytaniem jest: czy ich przyczyną jest przepuklina nawrotowa jądra miazdżystego, czy też blizna powstała po discectomii. Z doświadczenia wiadomo, że ponowne leczenie operacyjne w przypadku przepukliny nawrotowej rokuje dobrze, w przeciwieństwie do uwalniania opony i korzeni z blizn [16,17,20].

W celu uściślenia danych z obrazów rezonansowych przebadano w Klinice Ortopedii CMKP grupę 42 chorych (18 kobiet i 24 mężczyzn), u których po operacji discectomii utrzymywały się bóle krzyża i rwa kulszowa, lub też dolegliwości bólowe nawróciły po pewnym czasie. Wykonanie badania MR ze wzmocnieniem kontrastowym Gd-DTPA pozwoliło postawić rozpoznanie przepukliny nawrotowej jądra miazdżystego w 15-tu przypadkach. Podany dożylnie paramagnetyk (Magnevist) wzmacniając bliznę umożliwił różnicowanie pomiędzy blizną wewnątrzkanałową i przepukliną nawrotową [18,19,21]. Wszyscy chorzy z przepukliną nawrotową byli ponownie operowani - wykonano u nich rewizję przestrzeni międzykręgowej (przez poszerzoną fenestrację lub laminectomię), ponowną discectomię i usztywnienie międzytrzonowe kołkami kostnymi własnymi lub też cage'ami sposobem PLIF [5,6,16]. Uzyskano w tych przypadkach śródoperacyjne potwierdzenie zmian stwierdzanych w badaniu MR. W grupie 27 chorych z rozpoznaną blizną wewnątrzkanałową, operowano jedynie 15-tu, pozostających zakwalifikowano do leczenia zachowawczego i rehabilitacji.

Przeprowadzone badania MR ze wzmocnieniem kontrastowym wykazały, że jest to badanie z wyboru przy rozpoznawaniu dolegliwości po discectomii. Jest to zgodne z obserwacjami Masaryka, Modica, Rossa i Szypryta [21,22,23].

WNIOSKI

1. Badanie MR jest badaniem z wyboru w diagnostyce przed i pooperacyjnej choroby dyskowej, pozwala na precyzyjną ocenę patologii oraz umożliwia śledzenie procesów gojenia krążka międzykręgowego.
2. Zmiany w MR po 6-ciu tygodniach od operacji są niecharakterystyczne i dlatego do oceny pozostałych po discectomii dolegliwości bólowych wskazane jest zastosowanie obrazowania ze wzmocnieniem kontrastowym Gd-DTPA.

References/Piśmiennictwo:

1. Edelman and Hesselink: *MRI Clinical Magnetic Resonance Imaging*. Philadelphia, London, Toronto: WB. Saunders Company 1990 str. 705-731
2. Norma D.: *The spine*. [w:] *Magnetic resonance imaging of central nervous system*. Red. Brant-Zawadzki M., Norman D. New York: Raven Press 1987 str.289-307
3. Banna M.: *Clinical radiology of the spine and spinal cord*. Aspen Systems, Rockville 1985
4. Wilamska E.: Wyniki badań rezonansem magnetycznym u pacjentów po operacjach usunięcia przepuklin jąder miażdżystych miażdżystych odcinku lędźwiowo-krzyżowym kręgosłupa. *Praca doktorska*. Warszawa: Instytut Psychiatrii i Neurologii 1993
5. Malawki S., Milecki M.: Uszkodzenia krążka międzykręgowego, [w:] *Spondyloortopedia*. Red. Malawski S. Warszawa: Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego 1987 cz.1 str. 152-194
6. Malawski S. Ciasnota kanału kręgosłupa lędźwiowego. [w:] *Spondyloortopedia*. Red. Malawski S. Warszawa: Centrum Medyczne Kształcenia Podyplomowego 1988 cz.2 str. 76-121
7. Aguila L.A., Piranio D.W., Modic M.T., Dudlmy A.W., Duchesnu P.M., Einstein M.A.: *The intranuclear cleft of intervertebral disc; magnetic resonance imaging*. *Radiology* 1985 t.155 str 155-158
8. Forristall R.M., Marsh H.O., Pay N.T.: *Magnetic resonance imaging and contrast CT of the lumbar spine. Comparison of diagnostic methods and correlation with surgical findings*. *Spine* 1988 t. 13 str. 1049-1054
9. Heindel W., Friedmann G., Bunke J., Thomas B., Firsching R., Ernestus R.I.: *Artifacts in MR imaging after surgical intervention*. *J.Comput. Assist. Tomogr.* 1986 t.10 str. 596-599
10. Weisz G.M., Kitchener P.N.: *The use of magnetic resonance imaging in the diagnosis of postoperative lumbar conditions*. *The Medical Journal of Australia* 1987 t.146 str. 99-101
11. Paajanen H., Erkintalo M., Kuusela T., Dahlstrom S., Kormana M.: *Magnetic resonance study of disc degeneration in young low back patients*. *Spine* 1989 t.14 nr 9 str. 982-985
12. Panagiotacopoulos N.D., Pope M.H., Krag M.H., Bloch R.: *Water content in human intervertebral discs, part I. Measurement by Magnetic Resonance Imaging*. *Spine* 1987 t. 12 nr 9 str. 912-917
13. Panagiotacopoulos N.D., Pope M.H., Bloch R., Krag M.H.: *Water content in human intervertebral discs, part II. Viscoelastic behavior*. *Spine* 1987 t. 122 nr 9 str. 918-924
14. Ross J.S., Dalamarter R., Huefle M.G., Masaryk T., Aikawa M., Carter J., Van Dyke C., Modic M.T.: *Gadolinium-DTPA- Enhanced MR imaging of the postoperative lumbar spine: time course and mechanism of enhancement*. *American J. of Roentgenology* 1989 t. 152 str. 825-834
15. Glickstein M.F., Sussman S.K.: *Time-dependent scar enhancement in magnetic resonance imaging of the postoperative lumbar spine*. *Skeletal Radiology* 1991 t.20 nr 5 str. 333-337.
16. Hochhauser L., Kieffer S.A., Cacayorin E.D., Petro G.R., Teller W.F.: *Recurrent postdiscectomy low back pain: MR-surgical correlation*. *American Journal of Roentgenology*.1988 t.151 nr 4 str.755-760
17. Norman D., Mills C.M., Brant-Zawadzki M., Yeates A., Crooks I.E., Kaufmann I.: *Magnetic Resonance imaging of the spinal cord and canal: Potentials and limitations*. *American Journal of Neuroradiology* 1984 t.5 str. 9-14.
18. Gaskill M.F., Lukin R., Wiot J.G.: *Lumbar disk disease and stenosis*. *Radiologic Clinics of North America*. 1991 t.29 nr 4 str.753-764
19. Ross J.S., Delamarter R., Huefle M.G., Masaryk T.J., Aikawa M., Carter J., VanDyke C., Modic M.T.: *Gadolinium-DTPA-enhanced MR imaging of the postoperative lumbar spine: time course and mechanism of enhancement*. *American Journal of Roentgenology*. 1989 t.152 nr 4 str.825-834.
20. Boden S.D., Davis D.O., Dina T.S., Parker C.P., O'Malley S., Sunner J.L., Wiesel S.W.: *Contrast-enhanced MR imaging performed after successful lumbar disk surgery: prospective study*.*Radiology* 1992 t.182 nr.1 str. 59-64.
21. Ross J.S., Modic M.T., Masaryk T.J.: *Tears of anulus fibrosus: assessment with Gd-DTPA- enhanced MR imaging*. *American Journal of Roentgenology*. 1990 t.154 nr 1 str.159-162.
22. Ross J.S., Modic M.T., Masaryk T.J., Carter J., Marcus R.E., Bohlman H.: *Assesment of extradural degenerative disease with Gd-DTPA- enhanced MR imaging: correlation with surgical and pathologic findings.* *American Journal of Roentgenology*. 1990 t.154 nr 1 str. 151-157.
23. Walecki J. Białecki J., Nowicki M.: *Multimodal imaging of lumbar haerniated nucleus pulposus; a comparison of myelography, CT-myelography and MRI*. *Materiały naukowe XVII Kongresu Europejskiego Towarzystwa Radiologicznego*. Sztokholm 1992.