

MR ガイド下経皮的レーザー腰椎椎間板ヘルニア蒸散法 percutaneous laser disc hernia ablation (MR-guided PLDHA)

橋本卓雄¹, 寺尾 亨¹, 石橋敏寛¹, 結城一郎¹,
原田潤太², 田島美智子², 阿部俊昭³

¹東京慈恵会医科大学柏病院脳神経外科 ²同放射線科
³東京慈恵会医科大学脳神経外科

はじめに

腰椎椎間板ヘルニアは脳神経外科領域、整形外科領域では日常しばしば経験する疾患で、その治療にあたっては各科様々な考え方がある。一般的には保存的治療を行い、改善が見られない場合には、全身麻酔下の観血的治療が行われている。しかし入院期間が長く、ベット上安静を強いられ、社会的活動の中断を余儀なくされることで、観血的治療は必ずしも満足できない。また手術の術式についても侵襲の小さいものから大きいものまで様々で、手術合併症のリスクや術後の再発率が正確に把握されていないのが現状である。

近年低侵襲の治療として、レントゲン透視下でのレーザーによる経皮的椎間板蒸散法 percutaneous laser disc decompression (PLDD) が施行され、その成績も満足できることから普及している^{1)~7)}。そして頸椎椎間板ヘルニアに対しても経皮的レーザー治療が試みられている⁸⁾。しかし現行の PLDD はレントゲン透視下で行われているため、術者および患者の X 線被曝の問題があり、ターゲットへの刺入が正確に行われているか、また腰椎椎間板ヘルニアの蒸散がどの程度行われたか術中に評価できな

いなどの問題点があった。

一方、MR は腰椎椎間板実質の変性脱水はもとより、ヘルニア脱出の状態が正確に把握できる補助的診断法である。筆者らは MR の有用性を利用し、MR をガイドとしてレーザーにより椎間板ヘルニア自体を蒸散する経皮的椎間板ヘルニア蒸散法 percutaneous laser disc hernia ablation (MR-guided PLDHA) を試みた⁹⁾。レントゲン透視下で行われている PLDD は髄核を減圧するのに対して、MR 下ではより thecal sac 近くの椎間板ヘルニアを直接蒸散することが可能である。また術中、術後リアルタイムに画像評価でき、安全かつ確実な治療法であるので報告する。

目 的

筆者らの施設では、平成 8 年 1 月、診断のみならず治療支援装置として使用可能である open type MR が導入され、種々の脳神経外科疾患の低侵襲の治療に応用してきた。今回 MR ガイド下でできるだけ thecal sac 近くの椎間板ヘルニアを直接穿刺し、蒸散する方法を試みたが、その結果 MR ガイドにより正確な targeting が可能で、レーザーによる蒸散の程度

キーワード interventional MR, less invasive surgery, laser vaporization, lumbar disc hernia

をMRでモニタリングでき、椎間板ヘルニアを直接蒸散させることが可能になった。筆者らは本法をMRガイド下の経皮的レーザー椎間板ヘルニア蒸散法 percutaneous laser disc hernia ablation (MR-guided PLDHA) と命名した。今回PLDHAの概要を報告するとともに臨床所見より評価検討した。

対象および方法

腰椎椎間板ヘルニアで保存的療法で臨床症状が改善せず、神経所見、画像診断で従来観血的手術治療が行われていた患者を対象とした。選択基準として、腰痛および下肢に疼痛が持続し、特に坐骨神経痛が6~8週間以上持続し、対応する神経症状がある。保存的治療に反応なく、症状が改善しない症例を適応とした (Table 1)。MR所見では、髄核が突出しているが、椎間板が破裂脱出していない症例を選択した。線維輪が破裂し、脱出している椎間板ヘルニアは除外基準とした (Fig. 1)。MR画像で線維輪が断裂し、free fragment となっている症例

は除外した (Fig. 2)。以上の診断基準で1997年3月よりMR-guided PLDHAを施行したのは、男性26例、女性10例である。年齢は21~62歳で、椎間板ヘルニアの高位はL4/5 23例、L5/S1 13例である。

使用したIMRは日立メディコAIRIS 0.3 Tである (Fig. 3)。永久磁石オープンタイプで、上下に円形の磁石があり、全面210度、後面70度、高さ38cmの開口部を持つ。MR fluoroscopyはgradient echo系高速撮像法

Table 1. Indication for Percutaneous Laser Disc Hernia Ablation (PLDHA) under MR Guidance

radiculopathy, sciatica (6-8 weeks)
sensory and motor disturbance
no response to conservative treatment
bed rest
rehabilitation
nerve block
analgesics
MR image
protrusion type (not free fragment)

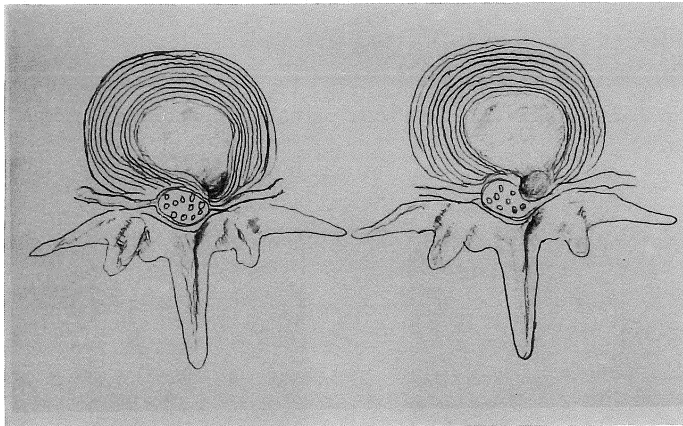


Fig. 1. Lumbar disc hernia is classified into protrusion and extrusion type. Protrusion type is good indication for PLDHA (left). Extrusion of the part of the nucleus pulposus is excluded (right).

で、(1) T₂強調用 SSFP 系 (steady state free precession) パルスシーケンスである SARGE 法 (steady state acquisition with rewinded gradient echo), 最短 TR/TE : 16/4, projection : 32-256, (2)スパイラーパルス付加 T₁ 強調用 SSFP 系パルスシーケンス RS-SARGE 法

(RF-spoiled SARGE), 最短 TR/TE ; 20/6, projection : 32-256, (3)通常の T₁ 強調用 GE 法, 最短 TR/TE : 30/8, projection : 32-256 が搭載されている。MR fluoroscopy は 2 秒遅れであるが、ほぼリアルタイムに近い画像が得られる。スライス幅は 7 mm で、Matrix は

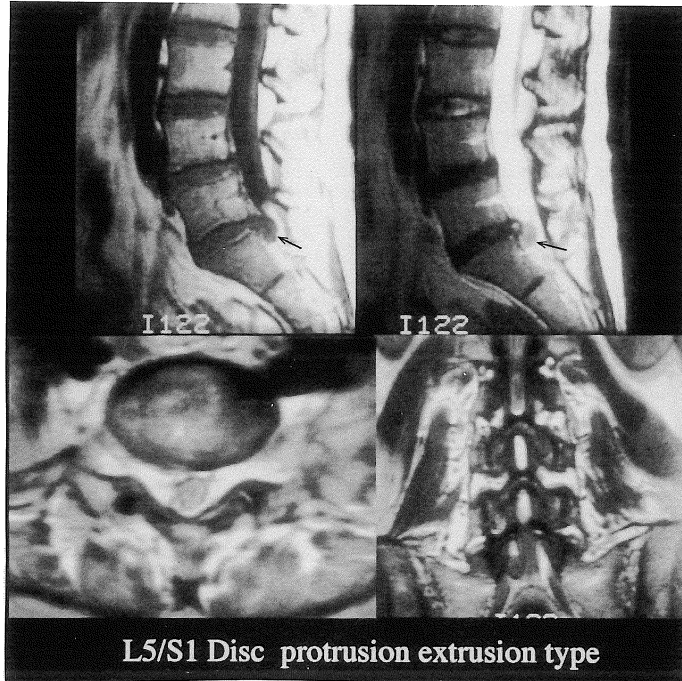


Fig. 2. MR images demonstrated extrusion type of lumbar disc hernia (arrow).

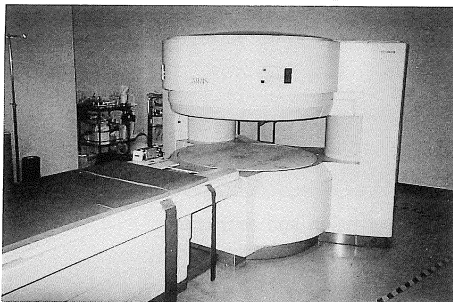


Fig. 3. Open type MR unit which we use for PLDA is Hitachi AIRIS 0.3 T.

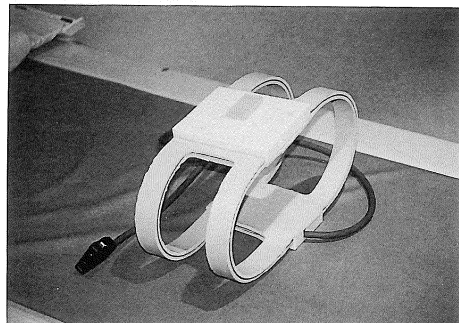


Fig. 4. Special coil for PLDHA is shown.

256×256 である。オープンタイプであるため患者へのアクセスが容易で、各種疾患のインターベンションに利用できる。ボディーコイルはコイルを通して穿刺が容易に行えるよう作成した (Fig. 4)。

穿刺針はMR対応の15 cm または 20 cm, 18G Chiba needle (Cook社製 MReye, ニッケルクロム合金) を使用した。椎間板ヘルニアの蒸散に使用したレーザーは、Neodymium : yttrium-aluminum-garnet (Nd : Yag) laser Hercules 5100 (Laserscope, CA, USA) である。レーザー波長は 1064 nm で、出力は 1~100 ワットの幅でコントロールでき、組織の蒸散が可能である。

治療方法は、MR で治療部位を確認し、椎間板ヘルニアのターゲットを決める。椎間板ヘルニアの thecal sac 近くをターゲットとするため、従来の側方椎間板穿刺よりさらに側方より穿刺する (far lateral puncture)。局所麻酔を行った後、穿刺針を MR fluoroscopy でモニタリングしながらターゲットに刺入する。MR fluoroscopy は、axial view および coronal view を撮影した (Fig. 5)。そして目的とする椎間板ヘルニアに当たっていることを確認した。

MR T₁, T₂ 強調画像を撮影した後、穿刺針の内筒を抜去し、レーザーファイバーを挿入し、蒸散を開始した。レーザーは 10 W, 1 sec で 800~2100 ジュールで蒸散した。この間 MR fluoroscopy でモニターし、蒸散の程度を評価した。十分蒸散されたことおよび疼痛の軽減、知覚障害など臨床症状が改善したことを確認し治療を終了した。レーザー照射終了後、穿刺針を抜去、神経所見をとり治療直後の効果を判定した。当日は入院の上、経過を観察した。翌日退院、以後外来観察した。術後評価は MacNab の方法¹⁰⁾により術直後、翌日、1 週間および 1 か月後で行った (Table 2)。

結 果

現在まで MR ガイド下での Yag laser による腰椎椎間板ヘルニアの PLDHA は男性 26 例、女性 10 例計 36 例である。年齢は 21~62 歳であった。腰椎椎間板ヘルニアの高位は、L4/5 23 例、L5/S1 13 例であった (Table 3)。

レーザーによる蒸散は、臨床症状を確認しながら段階的に行うが、症状が改善することを目安に 800~2100 ジュールにて蒸散した。蒸散

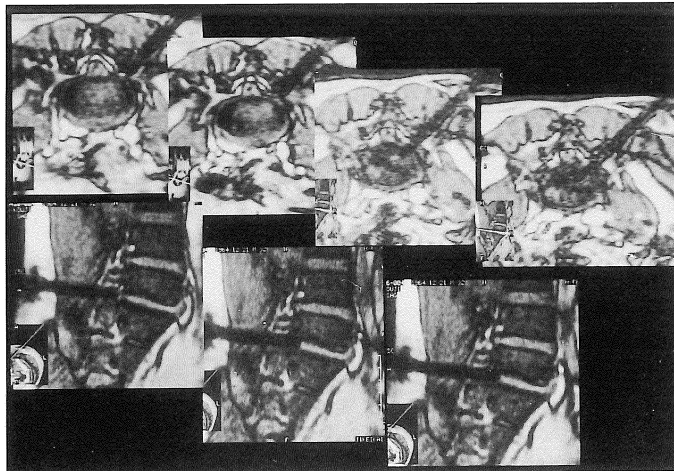


Fig. 5. MR fluoroscopy during procedure is shown: Targeting was confirmed accurately by MR fluoroscopy multidirectionally.

中 MR fluoroscopy にてモニタリングした。術中の MR fluoroscopy では、蒸散された部位が

low intensity を呈し、サブトラクション画像にて蒸散部位が high intensity として明瞭に描出することができる (Fig. 6)。また術後にも MR 画像を撮像し、治療を終了した。術後の MR 所見では、蒸散された部位が low intensity を呈している (Fig. 7)。

結果は 36 例中 32 例で下肢疼痛、腰痛、下肢運動麻痺が改善し、早期の社会復帰が可能であった。Table 2 のごとく MacNab の診断基

Table 2. MacNab Criteria for Response to Treatment

Excellent;	Resumed preoperative function No dependency including medications Activity appropriate No objective sign of nerve root impairment
Good;	Occasional backpain or leg pain No dependency including medications
Fair;	Intermittent episodes of mild lumbar radicular pain and/or low back pain
Poor;	Subjective No productivity Continued pain behavior Medication abuse Objective Objective signs of continuing radiculopathy

Table 3. Summary of Patients Treated by MR-guided PLDHA is Shown

MR-guided PLDHA (Oct. 1997)	
Number of patients	36
Male	26
Female	10
Age range	21-62 Y
Level of disc hernia	
L4/5	23
L5/S1	13
Laser energy	800-2100 joule
Overall success rate	88.9%
Complication rate	2.8%

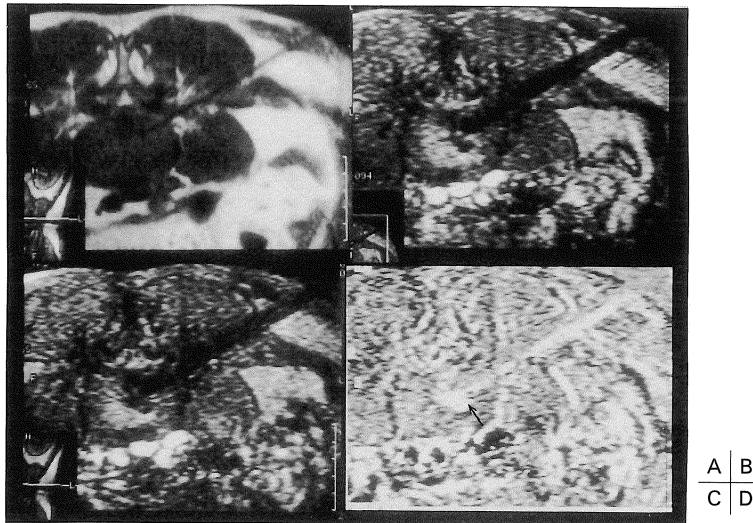


Fig. 6. A : Preoperative MR image. B, C : MR fluoroscopy indicated low intensity during procedure. D : The subtraction method demonstrated high temperature area as high intensity spot (arrow).

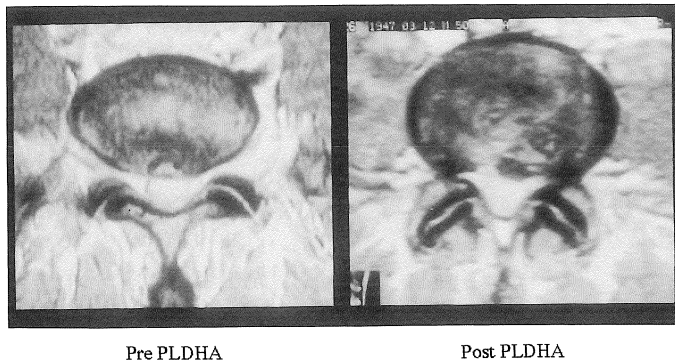


Fig. 7. The ablated area of the disc protrusion was shown as low intensity area in the postoperative MR image.

Table 4. Outcome after MR-guided PLDHA. Overall Success Rate was 88.9%

MacNab criteria	case
Excellent	18
Good	10
Fair	4
Poor	4
Total	36

準に従って結果を分類した¹⁰⁾。治療1か月後の評価は、excellent 18例，good 10例，fair 4例，poor 4例であった（Table 4）。したがって、全体の有効率は88.9%であった（Table 3）。症状があまり改善していないpoorが4例あり、そのうち2例で鎮痛剤や神経ブロック治療が必要であった。残り2例は下肢痛がみられるものの、日常生活、社会生活に復帰している（Table 4）。合併症は椎間板炎が1例にみられた。約2週間の安静治療で症状が改善し、無菌性椎間板炎であったと推測される。その他の合併症はなく、合併症発生率は2.8%であった（Table 3）。

考 察

腰椎椎間板ヘルニアは、外傷あるいは加齢などにより、椎間板周囲の線維輪が断裂し、髄核

が脱出して神経根を圧迫する脱出型と、線維輪と髄核が一体となり偏位脱出し、神経根を圧迫する膨隆型に分類される（Fig. 1）。腰椎椎間板ヘルニアの症状は腰痛、下肢痛、下肢知覚障害が主で、これに様々な下肢運動麻痺が加わってくる。疼痛がどこに分布しているかにより障害神経根が推測される。一般には腰背部痛が生じ、その後下肢痛が生じて2～3週激しい疼痛が持続する。

MRは脊椎脊髄疾患には極めて有用な検査法で、腰椎ヘルニアに対しても正確な診断が可能である。そしてMRによりヘルニアが脱出型であるか膨隆型であるかの診断が可能である。椎間板ヘルニアを経時的にMRにて追跡する例が多くなり、ヘルニアの縮小、消滅の報告がなされており、腰椎椎間板ヘルニアの自然経過には、縮小し、臨床症状が改善する例が少なからず存在する^{11),12)}。この事実を考慮すると、必ずしも観血的治療ではなく、低侵襲の治療法で対処できる症例が少なからず存在する。

腰椎椎間板ヘルニアの治療は、保存的治療で良好な経過をとる例が多く、一般的には保存的治療で改善しない例に対して観血的治療が行われてきた。しかし保存的療法や神経ブロックを行っている間に、下肢麻痺が進行する例もある。外科的手術は、侵襲の小さいものから大きいものまで様々であるが、最近ではマイクロサ

ージャーによる Love 法が一般的に行われ、入院期間も短縮されている。しかしながら全身麻酔下の手術であり、ある程度の入院生活が必要で、社会生活の中断を余儀なくされる。

近年低侵襲の治療として、レーザーによる経皮的椎間板減圧術 (PLDD)^{1)~8)} や内視鏡を用いた経皮的髄核摘出術などが試みられ^{13),14)}、その成績も良好であることが報告されている。特に PLDD は、低侵襲であり入院期間は 1~2 日で、治癒率は 70~75% と報告されている^{1)~7)}。しかし現在行われている方法はレントゲン透視下である。したがって X 線被曝や、穿刺針が正確に刺入されているかどうか、またレーザーによりヘルニアよりも変性した髄核が蒸散され、その蒸散がどの程度に行われているかなど疑問が多かった。

一方、MR は優れた組織コントラストにより疾患部位を特定でき、筆者らは種々の脳神経外科疾患に MR ガイドの低侵襲を行っているが、MR は正確にかつリアルタイムにインターベンションのガイド情報を提供してくれる^{15)~17)}。腰椎椎間板ヘルニアにおいても空間分解能はサブミリ単位で、ターゲットを特定できる。MR ガイドでの椎間板減圧術の試みは Schoenenberger らにより臨床例が報告されている¹⁸⁾。しかし 3 例の報告であり臨床的評価はなされていない。筆者らは今回レントゲン透視下の PLDD の問題点を解決する方法として、MR の高分解能、リアルタイムに画像が得られるなどの特性を利用して、MR-guided PLDHA を 36 例に行った。その結果従来の方法より正確、確実にレーザーによる蒸散が可能で、手術成績が良好であることが明らかになった。MR 画像をモニターしながらできるだけ膨隆した椎間板ヘルニア近くにターゲットをおき、外側より椎間板を穿刺し、ターゲットを穿刺する。従来の変性した髄核を蒸散する単なる椎間板減圧術ではなく、可能なかぎり thecal sac 近くの椎間板ヘルニアそのものを蒸散する方法をとっている (Fig. 5)。したがって従来の椎間板減圧術では

なく、椎間板ヘルニア蒸散術 (percutaneous laser disc hernia ablation PLDHA) と考えている。そして MR ガイドで行うことで、より正確な治療が可能になった。適応患者は、1) 保存的治療が 6~8 週行われたが改善しない、2) 下肢の知覚障害および根症状が激烈で日常生活、仕事への復帰が困難なこと、3) MR 画像上完全脱出でない膨隆型のヘルニアであることを条件としている。下肢運動麻痺については合併していない例も上記所見があれば適応としている。上記適応基準で治療を行い、治療成績は、有効率は 88.9% と満足できる結果を得ている。術直後、術後一週で症状が残存している例で、1 か月後に症状が消失している例を経験した。これは蒸散後空洞化したヘルニアが縮小に向かうため神経圧迫症状が改善するものと推察される。無効であった 4 例のうち 3 例は下肢痛が残存しているものの、鎮痛剤の使用が必要でなくなっており、社会復帰が可能であった。

MR 所見が重要で、線維輪が断裂していない膨隆型の椎間板ヘルニアがよい適応となる。MR 画像で線維輪の断裂の有無は比較的容易に判断できるが、free fragment になっている椎間板ヘルニアは無効と考えられている。しかし観血的手術が施行されている腰椎椎間板ヘルニアの中には、MR-guided PLDHA で対処できる症例があると考えられ、今後低侵襲の治療が増加するものと思われる。

治療時期については、現在のところ保存的治療無効例に行っている。しかし PLDHA は、ヘルニアを減圧し、縮小させ治療に向かわせる治療法であること、また保存的治療の期間が長く、この間の患者の苦痛を解除し、より早期の社会復帰を考慮すると、早い段階で MR-guided PLDHA が試みられてよいと考えている。

MR-guided PLDHA は、術中、術後に MR を撮像することで、その評価が可能である。しかしより正確な蒸散の範囲を把握するためには、レーザー照射中の温度分布を MR 画像よ

り評価する必要がある。脳腫瘍のレーザー治療では、術中にMR画像より温度のマッピングを行い、温熱療法が行われている¹⁹⁾。また肝臓癌のレーザー治療では、MR画像より温度分布をモニタリングしながら蒸散されている²⁰⁾。我々も温度のマッピングを行っているが、この画像をモニタリングすることにより正確、安全な蒸散が可能になると考えられる。

MR-guided PLDHAの長期フォローアップは現在のところ十分ではなく、再発率の問題について論議することができないが、今後症例を重ねて検討したい。

PLDHAの合併症として、1例に椎間板炎を経験した。しかし安静治療で改善しており、無菌性椎間板炎であったと推測している。現在のところ合併症発生率は2.8%である。その他PLDDの合併症として文献的にはparaspinal muscular spasm, sacroiliac arthritisの報告がある^{4),5),7)}。いずれにしても重篤な合併症はなく、術後に神経欠損症状を残した症例の報告例がなく、低侵襲かつ安全で、効果的な治療法である。

結 語

MRガイドにより可能になったMR-guided PLDHA治療法について報告した。従来のレントゲン透視下で施行されていたレーザーによる腰椎椎間板減圧術(PLDD)に比較して、MR-guided PLDHAは、安全、確実な低侵襲の治療であるが、高い治療効果が期待できる。

文 献

- 1) Choy DSJ, Ascher PW, et al.: Percutaneous laser disc decompression. *Spine* 1992 ; 17 : 949-965
- 2) Sherk HH, Black JD, Prodoehl JA, Cummings RS: Laser in orthopedic surgery laser discectomy. *Orthopedics* 1993 ; 16 : 573-576
- 3) Siebert W: Percutaneous laser disc decompression ; The European experience. *Spine ; State of the art reviews* 1993 ; 7 : 103-133
- 4) Black WA: A neurosurgical perspective on PLDD. *J Clinical Laser Medicine & Surgery* 1995 ; 13 : 167-171
- 5) Botsford JA: The role of radiology in percutaneous laser disc decompression. *J Clinical Laser Medicine & Surgery* 1995 ; 13 : 173-186
- 6) Choy DSJ: Techniques of percutaneous laser disc decompression with Nd : YAG laser. *J Clinical Laser Medicine & Surgery* 1995 ; 13 : 187-193
- 7) Choy DSJ: Clinical experience and results with 389 PLDD procedures with the Nd : YAG laser, 1986-1995. *J Clinical Laser Medicine & Surgery* 1995 ; 13 : 209-213
- 8) 市村善宣: 頰部椎間板ヘルニアに対する経皮的レーザー椎間板減圧術—実験的および臨床的成績—。日本レーザー医学会誌 1997 ; 18 : 11-20
- 9) Hashimoto T, Terao T, Abe T, Miita K, Harada J: Percutaneous lumbar disc decompression with Yag laser (PLDD) under interventional MR. 2nd interventional MR Symposium (Abstract), *Eur Radiol* 1997 ; 7 : 1155
- 10) MacNab I: Negative disc exploration : An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients. *J Bone Joint Surg* 1971 ; 53A : 891-903
- 11) Komori H, Shinomiya K, Nakai H, Yamaura I, Takeda S, Furuya K: The natural history of herniated nucleus pulposus with radiculopathy. *Spine* 1996 ; 21 : 225-229
- 12) Ito T, Yamada M, Ikuta F, Furuda T, Hoshi S, Kawaji Y, Uchiyama S, Homma T, Takahashi HE: Histologic evidence of absorption of sequestration-type herniated disc. *Spine* 1996 ; 21 : 230-234
- 13) Cummings RS, Prodoehl JA, Hermantin FU, Rhodes A, Sherk HH: Percutaneous laser discectomy using a flexible endoscope ; technical considerations. *Spine ; State of the art reviews* 1993 ; 7 : 135-139
- 14) Osman SG, Marsolais EB: Endoscopic transiliac approach to L5-S1 disc and foramen. *Spine* 1997 ; 22 : 1259-1263
- 15) 三井田和夫, 原田潤太, 橋本卓雄: オープンタイプMRIガイド下での脳腫瘍に対するバイオ

- ブシー. Isotope News 1996 : 7-9
- 16) 三井田和夫, 原田潤太, 土肥美智子, 橋本卓雄 : インターベンショナルMRIの特徴と問題点. Innervision 1997 ; 12 : 28-32
 - 17) 三井田和夫, 中田典生, 原田潤太 : オープンタイプMRI元年AIRISの臨床報告. Innervision 1997 ; 11 : 21-24
 - 18) Schoenberger AW, Steiner P, Debatin JL, Zweifel K, Erhart P, von Schulthess GK, Holdler J : Real time monitoring of laser diskectomies with a superconducting, open-configuring MR system. A J Roentogenology 1997 ; 169 : 863-867
 - 19) Kahn T, Bettag M, Ulrich F : MRI guided laser induced interstitial thermotherapy of cerebral neoplasms. J Comput Assist Tomogr 1994 ; 18 : 519-532
 - 20) Vogl TJ, Muller PK, Hammerstingl R : Malignant liver tumors treated with MR imaging-guided laser- induced thermotherapy ; technique and postoperative results. Radiology 1995 ; 196 : 257-265

MR Guided Percutaneous Laser Lumbar Disk Hernia Ablation

Takuo HASHIMOTO¹, Tohru TERAOKA¹, Toshihiro ISHIBASHI¹,
Ichiro YUHKI¹, Junta HARADA², Michiko TASHIMA²,
Toshiaki ABE³

*Departments of ¹Neurosurgery and ²Radiology,
The Jikei University School of Medicine, Kashiwa Hospital
163-1, Kashiwashita, Kashiwa-shi, Chiba 277
³Department of Neurosurgery, The Jikei University School of Medicine*

An MRI unit for interventional procedure is very useful for minimally invasive surgery of the brain and spine. Percutaneous laser disc decompression (PLDD) utilizing X-ray fluoroscopy is a relatively new less invasive procedure for treatment of lumbar disc herniation. MR guided laser surgery is applied to patients with disc herniation at our department. Approaching the target of the disc protrusion was easily conducted and vaporizing the disc hernia directly using a laser was possible under MR fluoroscopy.

Purpose : The purpose of the present study is to evaluate the usefulness of MR guided percutaneous laser disc hernia ablation (MR-guided PLDHA).

Materials and Methods : As subjects, 36 patients with lumbar disc herniation, including 23 cases with L4/5 involvement and 13 cases with L5/S1 involvement were studied. Among these, 26 were males and 10 were females, age ranging from 24 to 62. We used an open type MR system (Hitachi, Airis 0.3T), a permanent, open configuration MR system. A YAG laser (LaserScope, USA) was used for PLDHA. An MR compatible 18G titanium needle 15 cm in length was used to puncture the herniated discs.

Results : The MR compatible needle was clearly visualized, and used to safely and accurately puncture the target herniated disc in each case with multidimensional guidance. Application of the laser was performed with MR guidance. The energy dose from the laser ranged from 800 to 2100 joules. In most cases, signs and symptoms improved in the patients immediately after disc vaporization. The overall success rate was 88.9%. The complication rate was 2.8%, including one case of discitis after PLDHA.

Conclusions : MR fluoroscopy sequence permits near real time imaging and provides an easy approach to the therapeutic target of disc herniation. MR guided PLDHA is a minimally invasive procedure and is very useful for the treatment of lumbar disc protrusion.