

CHIRURGISCHE ALLGEMEINE

CHAZ 5/2004, S. 221-225

ZEITUNG FÜR KLINIK UND PRAXIS

Sonderdruck

Wirbelsäulenchirurgie

Die nonendoskopische perkutane Laserdiskusdekompression und -nukleotomie

Johannes Hellinger, Stefan Stern und Stefan Hellinger

Die nonendoskopische perkutane Laserdiskusdekompression und -nukleotomie

Johannes Hellinger, Stefan Stern und Stefan Hellinger

Die intradiskale Therapie bei lumbalen diskogenen vertebralem Schmerzsyndromen hat mit der Einführung der Nd-YAG-Lasertechnik eine völlig neue Bedeutung erlangt. Der CHAZ-Beitrag beschreibt ausführlich die Vorgehensweise und die Vorteile des Verfahrens.

Die intradiskale Therapie bei lumbalen diskogenen vertebralem Schmerzsyndromen hat mit der Einführung der Nd-YAG-Lasertechnik durch Ascher und Choy vor 18 Jahren eine völlig neue Bedeutung erlangt [1]. War mit der Chemonukleolyse und den mechanischen perkutanen Verfahren (endoskopische, nonendoskopische automatisierte Diskektomie) die Verringerung des Diskusgewebes versucht worden, hat das neue Verfahren nun durch die Interaktion des Laserlichtstrahles mit dem Bandscheibengewebe weitere wichtige Effekte als Erfolgsgrundlage (Kasten 1). 1990 wurde die Methode auf die Zervikalregion übertragen [3–5].

gosedation lassen den unter Fluoroskopie [2, 7] durchgeführten Eingriff wenig allgemeinbelastend werden.

Auch bandscheibenvoroperierte Patienten mit Postnukleotomiesyndrom wurden in die Studie einbezogen

In einer multizentrischen prospektiven Studie wurden 4977 Patienten – davon 316 mit diskogenen zervikalen und 38 mit thorakalen bandscheibenbedingten Schmerzsyndromen – einheitlich in der beschriebenen Technik behandelt [10, 11]. Die Dokumentation erfolgte konsekutiv unter Erfassung des Schmerzbildes, des klinischen Befundes, des neurologischen Befundes, der bildgebenden Diagnostik und zunehmend mit dem computerisierten Spine-motion-Test mit integriertem Rückenmuskel-EMG zur Quantifizierung der lokalen vertebralem Befunde, mit neurologischer Fremdkontrolle unter Anwendung valider, reproduzierbarer und spezifischer Kriterien. Dieser als prospektive Studie mit repetitiven Kontrolldesign zu wertende klinisch-experimentelle Ansatz diente zur fortlaufenden Evaluierung der zunächst gänzlich neu eingeführten Behandlungsmethode. Von Anfang an wurden auch bandscheibenvoroperierte Patienten mit Postnukleotomiesyndrom mit einem Anteil von 20 Prozent einbezogen, da in diesen Fällen 90 Prozent diskogene Haupt- oder Nebenursachen die Schmerzen verursachen [9]. Die polysegmentale Anwendung der nonendoskopischen perkutanen Laserdiskusdekompression und -nukleotomie mit dem Nd-YAG-Laser 1064 nm (Dornier) wurde aufgrund unserer langjährigen Erfahrungen mit der offenen Bandscheiben- und Wirbelsäulenchirurgie entwickelt [12].

Effekte des neuen Verfahrens:

| | |
|---|---------------------------------|
| Vaporisation | intradiskale Druckreduktion |
| Shrinking-Effekt | intraspinale Druckreduktion |
| Destruktion der Nozizeptoren | Blockade der Schmerzperzeption |
| Destruktion der Neovaskularisation | Blockade der Schmerzperzeption |
| Verfestigung des Kollagens | primäre Stabilitätssteigerung |
| Stimulation intradiskaler Narbenbildung | sekundäre Stabilitätssteigerung |

Das Vorgehen ist minimal-invasiv. Die Punktionskanüle weist maximal einen Durchmesser von 1,8 mm auf. Der Zugang ist zervikal von ventral. Dorsolateral wird thorakal und lumbal eingegangen. Nervenwurzeln und intraspinale neurale Strukturen sind in sicherem Abstand vom Punktionsweg. Lokalanästhesie und Anal-

In über 90 Prozent der untersuchten Fälle bildeten sich Lähmungen in allen Wirbelsäulenbereichen zurück

Alle Patienten wurden nach sechs Wochen kontrolliert. Die Nachuntersuchungsrate betrug dabei 90 Prozent. Die restlichen zehn Prozent wurden durch Telefoninterviews befragt. Der vorgesehene Untersuchungszeitraum von sechs Wochen ist inzwischen durch vielfältige Studien als repräsentativ bestätigt. Diese Zeit ist für die primäre Vernarbung zerrissener Bandscheibenringanteile angesetzt und erscheint aus schmerztherapeutischer Sicht ebenfalls logisch. Ist nach dieser Zeit keine entscheidende Besserung eingetreten, muß von einem Mißerfolg gesprochen werden. Insgesamt enden konservative, minimal-invasive und operative Maßnahmen nach vier Jahren auf dem gleichen Ergebnislevel, so daß für den primären Erfolg grundsätzlich nur der Schweregrad des Krankheitsbildes in akutem Zustand beurteilt werden darf. Die Ergebnisse sind während der Jahre unverändert gleich gut. Subjektiv ist das Erfolgsresultat an der Lendenwirbelsäule mit 80 Prozent, an der Halswirbelsäule mit 86,5 Prozent und an der Brustwirbelsäule mit 90 Prozent konstant positiv. Objektiv ergeben sich hinsichtlich der Besserung des Straight-leg-raising-Testes bei LWS-Patienten mit 90 Prozent vom ersten postoperativen Tag an unverändert günstige Ergebnisse. Dieser Befund wurde auch bei Kontrolluntersuchungen bis zu acht Jahren bestätigt [20]. Die Rückbildung von Lähmungen in allen Wirbelsäulenbereichen konnte unverändert mit über 90 Prozent registriert werden. Zusätzlich wurden bei der computerisierten Messung der Wirbelsäulenbeweglichkeit deutliche Verbesserungen

nach sechswöchiger Ruhigstellung in einer Orthese im Anschluß an den Eingriff festgestellt. Auch die Verspannung der paravertebralen Muskulatur war zu diesem Zeitpunkt bei perkutanen EMG-Messungen signifikant zum präoperativen Stand gebessert.

Die Komplikationsdichte liegt für den lumbalen Bereich bei unter einem Prozent schwere Komplikationen

Der Anteil der offen nachzuoperierenden Patienten hat sich auf unter sechs Prozent eingependelt. In etwa zehn Prozent ist sowohl in der Frühphase als auch bei Rezidiven problemlos die Wiederholung der Nd-YAG-PLDN möglich (Tabelle 1). Die Komplikationsdichte liegt für den lumbalen Bereich bei unter einem Prozent schwere Komplikationen [8, 13–16, 19]. An der Halswirbelsäule betrug sie zuletzt 0,77 Prozent. Thorakal trat einmal ein Problem mit einem Pneumothorax auf. Im Vergleich mit offenen Operationen ist somit eine außerordentlich niedrige Komplikationsdichte zu verzeichnen – bei offen durchgeführten Nukleotomien bis 14 Prozent, bei Fusionen bis 25 Prozent. Allerdings müssen in jedem Fall alle möglichen Risiken einer wirbelsäulennahen oder intradiskalen Intervention bedacht werden. Dies muß in der Aufklärung zum Eingriff Berücksichtigung finden. Die vorgestellte Megastudie beweist in Verbindung mit einer Metaanalyse die Überlegenheit gegenüber dem auch diskutierten und konzeptionell von vornherein weniger geeigneten Holmium-YAG-Laser; denn die geringere Wirksamkeit des Holmium-YAG-Lasers bei der nonendoskopischen Anwendung ist durch klinische Studien belegt [17].

Ausgehend von der nosologischen Klassifikation diskogener vertebra gener Schmerzsyndrome (Kasten 2) wurde von uns von Anbeginn an die Indikation weit gestellt, während andere diese nur auf monoradikuläre diskogene Schmerzsyndrome beschränkten [19].

Tabelle 1 Nd-YAG-(1064 nm)-PLDN – Resultate. Multizentrische prospektive Studie (n = 4977)

| | | |
|--|-----------------------------------|------------------------|
| Subjektive Zufriedenheit und McNab-Score | lumbal thorakal zervikal | 80 % 95 % 86,5 % |
| VAS-Senkung Straight-leg-raising-Test-Besserung | | p 0,001 % p 0,001 % |
| Neurologische Fremdkontrolle | Lähmungs-besserung EMG-Messung | p 0,01 % p 0,01 % |
| Inzidenz offener Zweiteingriffe | | 5 % |
| Gesamtkomplikationen | | 0,66 % |

Nosologische Klassifikation diskogener vertebra gener Schmerzsyndrome:

- Lokales diskogenes vertebra genes Schmerzsyndrom
- Pseudoradikuläres diskogenes vertebra genes Schmerzsyndrom
- Radikuläres diskogenes vertebra genes Schmerzsyndrom
- Medulläres (Konus-, Kauda-Syndrom) diskogenes vertebra genes Schmerzsyndrom
- Vegetatives (Claudicatio spinalis) diskogenes vertebra genes Schmerzsyndrom

Insgesamt ist die Indikation bei diskogenen Schmerzsyndromen im Bereich der Halswirbelsäule, Brustwirbelsäule und Lendenwirbelsäule mit bildgebend gesicherten Bulgings, Protrusionen und Extrusionen gegeben (Kasten 3).

Befunde bildgebender Verfahren und PLDN-Indikation

3

| | |
|--|---|
| Zirkuläres Vorwölben des Diskus über die Knochenbegrenzung | Bulging |
| Exzentrisches Vorwölben des Diskus | Protrusion |
| Teilzerreiung des Anulus mit Vorwölbung | gedeckte Extrusion kraniale Dislokation kaudale Dislokation Knopflochtyp |
| Zerreiung des Anulus mit Vorwölbung | nicht gedeckte Extrusion |
| Bandscheibenstick im Spinalkanal | freier Sequester |

Lediglich echte freie intraspinale Sequester stellen eine primäre Kontraindikation dar

Der Eingriff stellt den letzten Schritt vor einer sonst notwendigen offenen Operation oder dem therapeutischen Nihilismus bei konservativ aus therapierten Patienten mit diesen Krankheitsbildern dar. Allgemeine Kontraindikationen bestehen mit Ausnahme schwerer Hämostasestörungen nicht. Eine Altersbegrenzung ist nicht gegeben – die jüngste Patientin war 13, die älteste 93 Jahre alt. Schrumpfbare Kollagenfasern im Anulus sind in jedem Alter vorhanden. Von der dem klinischen Syndrom zuzuordnenden bildgebenden Pathologiedarstellung her ist bis zur gedeckten Extrusion heute Einheitlichkeit in der Indikation feststellbar. Bei der nicht gedeckten Extrusion gibt es unterschiedliche Auffassungen. Da jedoch auch dort in einem hohen Prozentsatz das Behandlungsziel erreicht werden kann – nämlich das Vermeiden einer offenen Operation, was in vier von fünf Fällen gelingt – wurden diese von uns immer einbezogen. Lediglich echte freie intraspinale Sequester stellen eine primäre Kontraindikation dar. In Ausnahmefällen ist auch hier abzuwägen, ob unter offener Operationsbereitschaft bei zusätzlicher diskaler Einengung im Wirbelloch nicht ein PLDN-Versuch möglich ist. Fälle von freien Sequestern mit konservativ erzielbarer Beschwerdefreiheit belegen dies, und es konnten bislang acht Fälle mit der PLDN erfolgreich behandelt werden (Tabelle 2). Eine Kon-

traindikation von bildgebender Seite her stellen sicher die gedeckten oder nicht gedeckten Massenextrusionen (früher Massenprolaps) dar. Die Indikationsbreite soll aufgrund der nosologischen Klassifikation diskogener vertebra gener Schmerzsyndrome an zwei extremen Beispielen erläutert werden:

■ Patientin 1 (31 Jahre): Lumbales radikuläres Schmerzsyndrom bei nicht gedeckter Diskusextrusion L4/5. Es kam zur Beschwerdefreiheit nach einer Nd-YAG-PLDN mit protrahierter lokaler Schmerzrückbildung. Die Diskographie zeigt den epiduralen Kontrastmittelabflu (Abb. 1, 2).

■ Patientin 2 (86 Jahre): Mehrwöchige Bettlägerigkeit wegen Quadrizeps-, Fußheber-, und Fußsenkerpareesen links Janda I-II bei schwerstem radikulären Schmerzsyndrom. Marcumar-Patientin bei kardialer Dekompensation mit Kontraindikation für offenes Vorgehen. MRI T2-Wichtung mit Nachweis der disko-osteoligamentären Spinalstenose und deutlicher Venenstase, im seitlichem MRI-Myelogramm mit subtotalem Stopp. Nach dreitägiger Nd-YAG-PLDN mit Schmerz beseitigung kam es zum Verschwinden des positiven SLRT und innerhalb von sechs Wochen zur Besserung der Muskelkraft aller drei gelähmten Muskelgruppen auf Janda IV-V. Die Patientin kann sich wieder selbständig zu Hause versorgen (Abb. 3, 4).

Begleitende Pathologien an der Wirbelsäule sind nicht von vornherein Kontraindikationen für den Eingriff

Durchgängig wird in der Literatur darauf abgestellt, daß die Patientenauswahl nach besonderen Kriterien Grundlage für den Erfolg sei. Im Klartext bedeutet dies, daß besonders Patienten mit beginnenden Somatisierungen ausgeschlossen werden sollen. Dies halten wir nicht für gerechtfertigt, da die durchschnittliche Anamnesedauer im eigenen Krankengut länger als drei Monate ist. Damit wäre nach schmerztherapeutischer Definition bereits die Grenze der Chronifizierung erreicht. Für die Patientenauswahl gilt die für die Indikation aufgezeichnete Definition mit dem Zusatz einer sechswöchigen erfolglosen konservativen Therapie bei indizierter offener Nukleotomie, Dekompressionsoperation bei disko-osteoligamentärer Stenose oder Fusion bei begleitenden Instabilitäten. Daraus ist abzu-

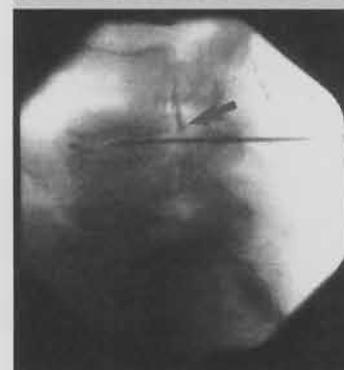


Abb. 1, 2 Patientin 1 (siehe Text)



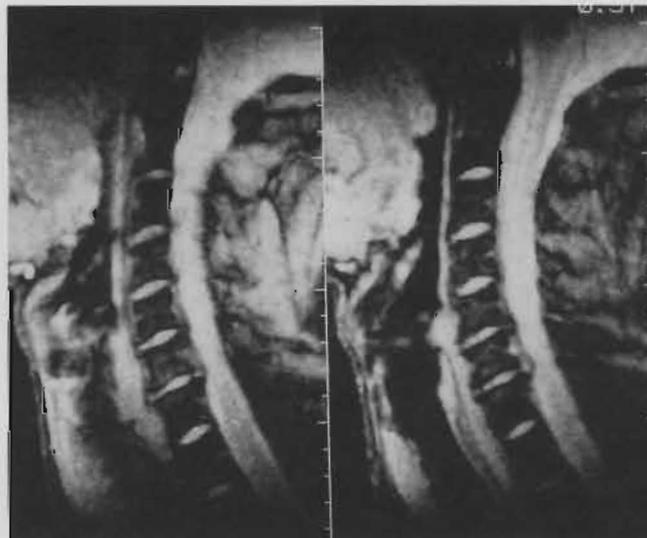
Abb. 3, 4 Patientin 2 (siehe Text)

Tabelle 2 Freie Sequester mit diskogenem lumbalen Schmerzsyndrom (1991–2004)

| Syndrom | Anamnesedauer (Wochen) | Schmerzkontrolle 6 W. postoperativ | Subjektive Zufriedenheit | SLRT in Grad | | | Paresen 6 Wochen postoperativ | |
|---------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------|-----|------|-------------------------------|---------|
| | | | | prä | li | post | prä | post |
| Radik. | 24, 12 Wochen n. offener OP | ISG | ja | 30 | 60 | neg | Fußheber Janda 1 links | Janda 5 |
| Radik. | 4, 1 Woche Parese | 0 | ja | neg | 40 | neg | | |
| Radik. | 6 | lokal | ja | 70 | neg | neg | | |
| Radik. | 12, 7 Wochen Paresen | lokal | ja | 60 | 40 | neg | | |
| Radik. | 6 | 0 | ja | 40 | 60 | neg | Fußheber Janda links 2 | Janda 5 |
| Radik. | 6 | 0 | ja | 80 | 70 | neg | | |
| Lokal | 3 | 0 | ja | neg | neg | neg | | |
| Radik. | 4, 4 Wochen Paresen | 0 | ja | neg | 45 | neg | Fußheber Janda links 3 | Janda 5 |

leiten, daß begleitende Pathologien an der Wirbelsäule nicht von vornherein Kontraindikation zum Eingriff – mit Ausnahme schwerer anterior-posteriorer Instabilitäten bei Spondylolisthesis – darstellen (Abb. 4, 6). Weitere Kontraindikationen sind vorwiegend bei nicht diskogener Schmerzursache des Krankheitsbildes zu sehen. Die zweite Patientengruppe ist definiert durch Kontraindikationen verschiedenster Prägung für den offenen Eingriff. Meistens handelt es sich hier um multisegmentale lokale Ursachen oder Polymorbidität (Abb. 5, 6). Diese Gruppe wäre der

Abb. 5 Patient, männlich, * 24. 2. 1953: Nd-YAG-PLDN C5/6, C6/7 wegen zervikalem radikulären Schmerzsyndrom von 6 Monaten Dauer. Neurogener Umbau C6 und C7 im EMG. Sofortige Schmerzbeseitigung nach dem Eingriff. Kontrollen bis 4 Jahre. Gelegentliche Nackenschmerzen. Die begleitenden Retrospondylophyten stellen keine Kontraindikation dar. Der tiefste Impressionspunkt im Spinalkanal ist durch die die konvexe dorsale Begrenzung der Bandscheibe mit diskalem Gewebe bestimmt.



Chronifizierung und Somatisierung ausgeliefert, wenn die Nozizeption nicht durch den vorgestellten Eingriff unterbrochen wird. Zusätzlich muß noch auf eine größere Gruppe von Patienten hingewiesen werden, die – aus welchen Gründen auch immer – eine vorgeschlagene offene Operation strikt ablehnt.

Die ersten Therapieschritte bei diskogenen vertebra-genen Schmerzsyndromen sind immer konservativ und in den meisten Fällen erfolgreich

Die nonendoskopische perkutane Nd-YAG-Laser-PLDN steht nicht im Gegensatz zur konservativen Therapie. Die ersten Therapieschritte bei diskogenen vertebra-genen Schmerzsyndromen sind immer konservativ und in den meisten Fällen durch hausärztliche Maßnahmen erfolgreich. Nach erfolgloser Therapie mit einem Zeitlimit bisher von sechs Wochen ist der Entscheid zur operativen

Therapie zu treffen. Zwischen einer ansonsten notwendigen offenen Therapie und der stattgehabten konservativen ist nun ein Indikationsfeld für die Nd-YAG-PLDN angesiedelt [6, 12]. Sie ist damit der letzte mögliche Behandlungsschritt vor einer sonst notwendigen offenen operativen Therapie. In der differentialindikatorischen Abwägung zu anderen intradiskalen minimal-invasiven Verfahren bestehen aufgrund des multifaktoriellen Wirkungsmechanismus der Nd-YAG-PLDN gegenüber allen Verfahren entscheidende Vorteile. Neuerdings wird mit dem sogenannten IDET-Verfahren beispielsweise die intradiskale Elektrophototherapie empfohlen. Die Methode beruht auf einem Teileffekt der Wirkung des Nd-YAG-Lasers 1064 nm mit einer langsam ansteigenden Erwärmung der Bandscheibe und der Schrumpfung. Von den Inauguratoren wurde sie nur für die intradiskale Bandscheibenzerreißung mit lumbalen lokalen Schmerzsyndromen entwickelt, nicht etwa für pseudoradikuläre oder gar radikuläre Schmerzsyndrome mit Bulging und Protrusionen von Bandscheiben [18]. Die beschriebenen Kollagenveränderungen werden durch die Anwen-

Tabelle 3 Metaanalyse der PLDN-Nd-YAG – Studien

| | Erfolgsrate | Offene OP | Komplik. | Cohor Int. |
|----------------|-------------|-----------|----------|------------|
| Deskriptiv | 1 75 % | 0 % | 0 % | |
| Retrospektiv | 1 72 % | | 1 % | 100 % |
| Prospektiv | 8 76 % | 4 % | 0,4 % | 97 % |
| Prospektiv | 2 82 % | 0 % | 0 % | 94,5 % |
| Prosp. random. | 1 95 % | 0 % | 0 % | 100 % |
| Prosp. rand. | | | | |
| Blindstudie | 1 93 % | 0 % | 1,5 % | 100 % |
| | 14 82 % | | 0,5 % | |

dung des Nd-YAG-Lasers 1064 nm in einem vielfach höheren Maße und vor allem schlagartig erreicht. So sehen wir keine Differentialindikation zur IDET-Therapie und halten dagegen auf Grund der biophysikalischen Eigenschaften, vorgelegter kontrollierter und prospektiver Studien und der täglichen Erfahrung die Nd-Yag-PLDN für das am besten geeignete Verfahren um diesen Therapieschritt zu vollziehen.

Hohe Rate zufriedener Patienten sowie geringe Komplikationsdichte stellen das Verfahren konkurrenzlos zwischen erfolglose konservative Therapie und offene Operationstechnik

Bei einer großen Zahl von Patienten kann das diskogene vertebrale Schmerzsyndrom mit der Nd-YAG-PLDN beseitigt oder auf ein erträgliches Maß reduziert werden. Die sonst notwendige offene Operation als Mikrodiskektomie, endoskopischer transforaminaler Sequestrotomie bis hin zu Mehretagenfusions-/Dekompressionsoperation kann in bis zu 90 Prozent vermieden werden. Die hohe Rate zufriedener Patienten mit einer erhobenen Komplikationsdichte von insgesamt 0,66 Prozent stellt das Verfahren konkurrenzlos zwischen erfolgloser konservativer Therapie und eine notwendige offene Operationstechnik. Der Nd-YAG-Laser 1064 nm besitzt aufgrund seines Resorptionsspektrums beste Voraussetzung durch eine Vaporisation von Diskusgewebe einen intradiskalen Druckabfall herbeizuführen und hat mit der thermischen Wirkung des Shrinking-Effektes durch Verkürzung der Kollagenfasern im Verbund der Bandscheibe eine schlagartige Druckminderung im Spinalkanal zur Folge (Abb. 5, 6). Die zusätzliche Destruktion von Nozizeptoren und Nervenfasern mit hinterem Faserring der neovaskularisierten Bandscheibe im Degenerationsprozeß sowie die Denaturierung schmerzauslö-

sender Kinine mit zusätzlicher primärer und sekundärer Stabilität durch eine fibrocartilaginäre Narbenbildung intradiskal, sind Grundlagen des Erfolges. Hinsichtlich Eindringtiefe des Nd-YAG-Lasers 1064 nm-Laserstrahles und der Wärmekonvektion haben exakte Untersuchungen – bei korrekter Dosierung – keine Schädigung nachweisen können. Damit zählt das Verfahren auch aus technischer Sicht zu den komplikationsarmen. Forensisch muß wohl jede Nd-YAG-PLDN noch als Heilversuch betrachtet werden. Die Kosten belaufen sich auf zirka € 2000,-.

Literatur

1. Choy DSJ, Case RB, Ascher PW (1987) Percutaneous laser ablation of lumbar disc. 33. Annual Meeting Orthop Research Soc, Abstr 323
2. Gangi A, Dietemann JL, Ide C, et al (1996) Percutaneous laser disk decompression under CT and fluoroscopic guidance: indications, technique and clinical experiment. Radiographics 16: 89–96
3. Hellinger J (1992) Ein neuer Weg zur Bandscheiben-Chirurgie. *Ärztl Praxis* 44: 21–22
4. Hellinger J (1993) Die perkutane cervikale Lasernucleotomie als Neulandoperation. *Chirurgie und Recht*. Blackwell, Berlin, pp 247–253
5. Hellinger J (1995) Nonendoskopische perkutane Laserdiskusdekompression und Nucleotomie. *Med Bild* 5: 49–56
6. Hellinger J (1995) Holmium-YAG-assistierte offene Nucleotomie. *Laser Med Surg* 11: 86–87
7. Hellinger J (1999) Technical aspects of percutaneous cervical and lumbar laser-disc decompression and nucleotomy. *Neurol Res* 21: 99–102
8. Hellinger J (2002) Komplikationen der nonendoskopischen perkutane Laserdiskusdekompression und -Nucleotomie (PLDN) mit dem Neodym-YAG-Laser 1064 nm. *Orthop Praxis* 38: 335–341
9. Hellinger J (2000) Nd-YAG-Laser-YAG PLDN in postnucleotomy syndrome. In Brock M, et al (eds) *Spinal surgery and related disciplines*. Monduzzi, Bologna, S 277–280
10. Hellinger J, Stern S (2000) 10 Years Nd-Yag-PLDN in Germany. Abstracts, 7. Intern Congr IMLAS, Vienna
11. Hellinger J, Stern S (2000) Nonendoskopische PLDN-Nd-YAG 1064 nm – Eine 10-Jahres-Bilanz als Megastudie und Metaanalyse. *Newsletter Dornier Med Tech*, S 2
12. Kühn R, Hellinger J, et al (1970) Klinisch- neurologische, röntgenologische und elektordiagnostische Nachuntersuchungsergebnisse des lumbarer Bandscheibenvorfalles. *Beitr Orthop Traumatol* 17: 703–705
13. Leu HJ, Schreiber A (1991) Perkutane Nucleotomie mit Diskoskopie – eine minimalinvasive Therapie bei nichtsequestrierter Bandscheibenhernie. *Schweiz Rundschau Med* 80: 864–868
14. Mayer HM, Schwetlick G (1993) Komplikationen der perkutanen Bandscheibenchirurgie. *Orthop Mitt* 23: 33

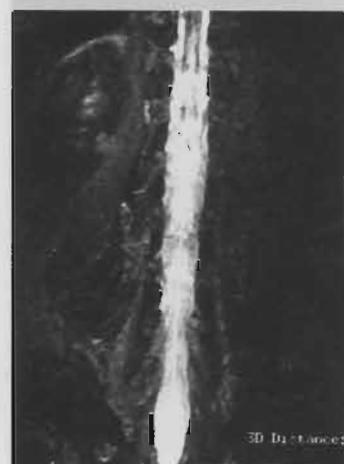


Abb. 6 Prä- und postoperatives MRT-Myelogramm mit Zunahme des Liquorfluß und der Duralsackerweiterung am ersten postoperativen Tag nach Nd-YAG-PLDN L3/4-L5/S1 bei lumbalem radikulären Schmerzsyndrom verursacht durch polysegmentale Protrusionen L3/4, L4/5 und L5/S1.

15. Messing-Jünger AM, Bock WJ (1995) Lumbale Nervenwurzelkompression: Ein kooperatives Projekt zur Qualitätssicherung in der Neurochirurgie. Zentralbl Neurochir 56: 19–26
16. Oda T, Fuji T, Kato Y, et al (2000) Deep venous thrombosis after posterior spinal surgery. Spine 25: 2962–2967
17. Reinhardt S, Wittenberg RH, Kraemer J (2000) Chemonucleolysis versus laser disc decompression. J Bone Joint Surg [Br] 82 (Suppl 1): 247
18. Saal JS, Saal JA (2000) Management of chronic discogenic low back pain with thermal intradiscal catheter. Spine 25: 382–388
19. Siebert W (1993) Percutaneous laser disc decompression – the European experiment. Spine 7: 103–133
20. Stern S, Evermann H (2003) Eight years follow-up nonendoscopic laser disc decompression (PLDN) – a high technic tool for intradiscal pain therapy or placebo. Internat Congr IMLAS, Luxembourg

Prof. Dr. med. Johannes Hellinger
Windemacherstraße 2
80333 München