シンポジウム III

経皮的椎間板髓核の蒸散法

米沢卓実、*小野村敏信、
 東京大学医学部医用電子研究施設
 *：大阪医科大学整形外科

PERCUTANEOUS INTRADISCAL LASER DISCECTOMY

T. YONEZAWA, *T. ONOMURA,

Institute of Medical Electronics, Faculty of Medicine,
 University of Tokyo.

*Department of Orthopedics, Osaka Medical College.

Recently, a percutaneous procedure for lumbar disc herniation has been developed and used clinically as an alternative to conventional surgical methods, such as laminectomy and disc removal, vertevral bone fusion or others. In the early 1980s, chemonucleolysis with chymopapain was enthusiastically tried in America and Europe. The procedure is easy and takes less operation time. However, complications, such as anaphylactic shock, paraplegia, etc., occurred. The incidence is rare but should not be ignored. Now fewer chemonucleolysis procedure are being done. Instead, a percutaneous nucleotomy (PN) with a punch, which was first proposed and established by Hijikata, or automated nucleotome has been done more commonly in the late 1980s. But the diameter of the PN cannula is more than 3 mm, so the PN procedure may cause technical problems and tissue damages.

Since 1986, Percutaneous intradiscal laser nucleotomy (PILN) has been studied in our laser laboratory. And the process of this study had been reported in ASLSM last two annual meetings. The purpose of this study is to develop PILN as an alternative to chemonucleolysis and percutaneous discectomy, which are currently applied, and to establish a safe, easy, accurate and short time therapy method for lumbar disc herniation. Using laser for nucleotomy has the following advantages; 1) as the output power can be easily controlled, it can be used safely; 2) because high energy can be transmitted into the deep tissues through 200-600 micron flexible fibers, atraumatic therapy for deep tissue is possible; 3) chemical complication are avoided; and 4) it is easy and safe to approach to the deep tissue with a small-diameter needle.

1. 緒言

従来、腰椎椎間板ヘルニア治療について、保存的治療により効果のえがたい症例に対しては手術による治療法が選択されていた。しかし、近年、手術療法に対し、より非侵襲的治療法として蛋白分解酵素であるキモパpainによるキモヌクレオリシスが登場し、症

例によってはその治療効果の有効性が確認され、1980年代前半にはアメリカ、ヨーロッパにおいて数多く実施された。しかしながら、キモパpainによるキモヌクレオリシスが、治療手技の容易さにかかわらず、無視し得ないアナフィラキシーショックや対麻痺などの合併症が発生したために、近年では、

土方により考案されたパンチによる経皮的髄核摘出術やヌクレオトームによる方法がとって代わり、臨床での有用性が報告されている。しかしながら、小手術とはいえ直径3 mmから5 mmほどのカニューレを刺入し、小さいパンチにより頻回に髄核を摘出する操作が必要であり、手技上の問題点が少なからず存在する。

これに対して、1986年来、我々は、容易・安全・確実かつ短時間に同様の効果を得る治療法をレーザーの使用により可能とするための基礎実験と機器の開発・改良を行い、アメリカレーザー医学会、本学会等で発表してきた^{1,2,3)}。現在、1991年のアメリカレーザー医学会においても7件の演題が発表され、その有用性やレーザーの種類についての討議がなされている。我々は、同法の開発にあたり、独自のシステムを考案し、動物実験における基礎と応用の段階を終了し、人の椎間板ヘルニア治療の臨床応用に向け準備を進めている。本稿では、動物での実験結果を報告すると共に、本法の手順、適応、さらに、今後の課題について考察を加えた。動物実験は、(1) レーザーによる髄核の蒸散の可能性について検討した急性実験、そして、(2) レーザー照射後の経時的な組織学的変化と椎間板内圧の変化を検討した慢性実験、さらに、(3) 安全性と独自に開発した2重構造の穿刺針の有効性を確認するためにサーモグラフィ、熱電対により熱分布の評価を行った結果を述べる。それに続き、(4) その過程で開発・改良したレーザー発振機、オリジナルのダブルルーメン針、術中に減圧効果を確認するために開発された針先型圧センサーの紹介と本法の術手順を紹介する(表-1)。また、考察の項では本法の術前・術後の評価、本法の適応、さらにレーザーの波長と組織の吸光度の関係について検討を加え、今後の研究課題について意見を述べる。

2. 方法

家兎およびヤギ腰椎を使用した。使用レーザーは、波長1064 μm の長田社製Nd:YAGレーザー装置を用い、石英ファイバーは200, 300, 400 μm のものを使用した。刺入針は18Gのスパイナル針に始まり、最終的にテフロンコーティングを施したオリジナルのダブルルーメン針を使用した。

3. 結果

急性実験により椎間板髄核の蒸散が可能であることを確認した。経時的な組織学的変化の観察と椎間板内圧の計測により本法の有効性を確認した。さらに、安全性の確認と熱分布の有効性を確認するためにサーモグラフィ、熱電対を使用し、良好な結果をえた。そして、本法の開発経過で開発・改良を加えた機器の特徴を以下に記述する。

a. Nd:YAGレーザー(長田電気工業社製)

①コンピューターシステムにより出力を安定かつ正確に制御している。②照射条件の初期設定により反復照射が容易になった。③プローブ部での出力チェック機構によりレーザー発振が安全に行える。

b. オリジナルのダブルルーメン針(図-1)

①18G外套針表面のテフロン被覆と内・外針の間の外層部分により周囲組織の熱損傷を防御している。②外層よりエアーを吸引することによりレーザー照射時に発生するガス・飛散物による針・ファイバーの破損が防げる。③ダブル針とレーザーファイバーの位置決めにより、球状の熱分布がえられる。

c. 石英ファイバー

①コア径200 μm のファイバーの使用により18Gの外套針と23Gの内針の使用が可能となった。②ファイバーtoファイバーによるレーザー伝送によりファイバー端の位置決めが容易となるとともに、術中操作が容易かつ清潔におこなえる(図-1)。

d. 針先型半導体圧センサー（東海理工電気工業社製）（図-2）

①半導体を使用したフルブリッジ型の圧センサーにより椎間板内圧が正確に測定でき術中の減圧効果が確認できる。②外径が外套心の内計に一致した0.9mmで、容易に圧計測ができる。

4. 本法の手順

a. X線透視下で椎間板髄核中央に外套針を設置する。

b. 圧センサーを挿入し、椎間板内圧を計測した後、圧センサー除去し、石英ファイバーを内蔵する内針を挿入し、レーザー発振機からのファイバーと接続する。また、吸引機と外套針を接続する。

d. レーザー照射をおこなう。レーザー照射後、再度、内圧計測を行い、減圧効果を確認したのち外套針を除去する。

尚、術前・術後のMRI値によるヒストグラムにより熱変性の状態を評価する。

5. 考察

本法の開発に当たり、我々はNd:YAGレーザーを使用した。これは、1980年代当初に登場したレーザー手術装置の代表的なものがNd:YAG・CO₂・アルゴンレーザーであり、導光路、出力などを考慮した結果、臨床的に有用であったNd:YAGレーザーを選択した結果である。しかし、最近では種々のレーザー発振機の登場と導光路の開発が進み、様々な機種が本法でも使用されるにいたり、最適なレーザーが何であるか議論されるに至っている＊。そこで、我々は、椎間板髄核の吸光度を測定し、使用レーザーについて検討を加えた。500nmから5000nmまでの髄核の吸光度の測定結果は、2950nm、1950nm、1400nm近くに高吸収域があり1000nmより500nmと短波長になるに連れ吸光度が上昇する（表-2）。吸光度の高い領域の波長を使用し、かつ、パルス発振で照射すれば組織表面でのアブレーションが生じ

腔の形成に伴う減圧効果がえられ、パンチなどによる髄核摘出術に準じた効果になると考えられる。また、吸光度の低い領域のレーザーを使用し、かつ、連続発振で組織照射をしたさいには組織の熱変性による変化が中心となり髄核融解術に準じた効果がえられるものと考えられる。以上のことより、減圧効果により治療効果をえるには、特定の波長に限定することなく、臨床的に使用する際の有用性により使用機種等の決定を行えば良いと考えられる。

次に、本法の適応についてであるが、現在、臨床経験がない段階であるが、その治療機序から考えて経皮的椎間板髄核摘出術、およびキモヌクレオリシスに準じた症例を対象に考えており、本法による治療例を積み重ねた後、さらに適切な適応を決定する予定である。さらに、今後の課題として、選択的髄核の蒸散法、パンチによる髄核摘出術後に椎間板鏡視下に髄核を選択的にアブレーションする方法を開発し、本法の適応の拡大を考えている。（文献）

1. 米沢卓実ほか：INTRADISCAL LASER NUCLEOTOMY, 日整会誌, 62(7), S650, 1988.
2. T. YONEZAWA et al: The System and Procedures of Percutaneous Intradiscal Laser Nucleotomy, Vol. 15 • No. 11, November; 1175-1185, 1990.
3. 米沢卓実ほか：経皮的椎間板髄核の蒸散法, 臨床整形外科, Vol. 26 • No. 4; 553-560, 1991.

(表一) 本法の動物による基礎実験過程

THE COMPOSITION OF THIS STUDY

- 1) to confirm THE POSSIBILITY of nucleus pulposus vaporization
- 2) to confirm THE EFFICACY of this method concerned with acute and chronic
 - (a) histological changes
 - (b) intradiscal pressure
- 3) to confirm THE SAFETY of this method with
 - (a) thermography
 - (b) thermocouples
- 4) for THE FEASIBILITY:
HARDWARES which has been improved and developed for PILN.
 - (a) Nd-YAG laser device
 - (b) Double lumen needle
 - (c) Quartz fiber
 - (d) Pressure transducer
- 5) THE PROCEDURE AND EVALUATION OF PILN.

(表二) 人椎間板髄核の吸光度

Results

- (a) Absorbance peaks
3100 nm > 1950 nm > 1450 nm
- (b) The absorbance decreases from about 1300 nm to 500 nm gradually.
- (c) The absorbance at 500 nm is almost same as that of 1950 nm.

(Scanning scale : from 500 nm to 5000 nm)

(図一) ダブルルーメン針とファイバー

Pressure transducer

(made by Toukai Rika Electric Co.)

(図二) 針先型圧センサーの構造