レーザー光による椎間板ヘルニアの治療

：圧計測を含む治療システムの開発

米沢卓実、**小坂理也、**小野村敏信、河野明正

阿部裕輔、井街 宏、*鎮西恒雄、*満洲邦彦、藤正 巖、

東京大学医学部医用電子研究施設 *東京大学先端科学技術研究センター

**大阪医科大学整形外科

The system and procedure of

Percutaneous Intradiscal Laser Nucleotomy

Takumi Yonezawa, R. Kosaka*, S. Tanaka*, H. Watanabe*,
T. Onomura*, Y. Abe, K. Imachi, K. Atsumi, T. Chinzei**,
K. Mabuchi**, I. Fujimasa**

Inst. of Med. Electr., and **RCAST, Univ. of Tokyo.
Dept. of Orthopedics Surg. Osaka Medical College.

Abstract

We have been studying Percutaneous Intradiscal Laser Discectomy for herniated lumbar discs. The efficacy of this method has been already confirmed by the basic experiments using rabbit or goat lumbar discs. In this time, the safety, the easiness and the accuracy of our original PILN system is going to introduce. And the procedure of our method was characterized with the use of a tip type pressure transducer.

はじめに

腰椎椎間板ヘルニアに対する治療法は、大別して保存的療法と手術的治療に分けられる。近年、従来では手術的治療を施されていた症例の一部がキモバインによるケモスクレオライシスやパンチもしくはスクレオトームによる経皮的髄核摘出術が施行され、実績を上げている。しかしながら、ケモスクレオライシスにおいては無視しえないアナフィラキシーショックや対麻痺の合併症が問題となっている。また、経皮的椎間板髄核摘出術においては手技上の問題点や直径3mm以上のガイド針を用いることによる合併症が懸念される。以上のことから、レーザーの蒸散作用を利用し、極細のレーザーファイバーを通じ、よく制御された熱蒸散を椎間板髄核部で実行する経皮的椎間板ヘルニアの治療法を開発してきた。本法は、安全、容易かつ短時間に治療しえる特徴のみならず、新しく開発・改良を加えた圧センサーを使用することにより治療に際しての適応決定、治療後の効果判定をより正確なものにする工夫をした。

目的

すでに、レーザー照射による組織の経時的変化や椎間板内圧の変化についての基礎的研究結果は、第8回、第

9回の本学会で報告しておりその有効性を確認している。

今回は、本法の開発にあたり安全性の確保、術中操作の容易化および確実な治療のために開発・改良を加えたダブルルーメン針、圧センサーおよびレーザー装置を紹介する。また、人腰椎で実施することを前提に、麻酔下ヤギ腰椎を使用している術手順を紹介する。

方法

本法を確立するにあたり、主に切り出したヤギ腰椎および麻酔下ヤギ腰椎を使用した。安全、容易かつ短時間に有効な結果を得るために、穿刺針、ファイバーさらにレーザー装置の開発・改良を加えるとともに、レーザー照射前後の椎間板内圧を計測することにより本法の適応と治療効果を確実なものにすることを試みた。針、ファイバーは、種々の組合せや加工を行い髄核部分の蒸散および熱変性が有効に生じるものに改良した。評価は高速サーモグラフィ、サーモカップルを使用した。当初使用していたNd:YAGレーザー装置の安全性を高めるとともに本法での反復照射が容易かつ速やかに行えるようにした。さらに、レーザー照射前の椎間板内圧の絶対値を確認し、本法の適応決定の参考とし、レーザー照射後の椎間板内圧の減少を確認するために極細の針先型圧センサーの開発をおこなった。評価はロードセルを設置した荷重計により垂直荷重をかけ、穿刺針の外筒針に一致させ製作した圧センサーの計測記録によりおこなった。以上の結果によりほぼ確立し得たシステムをもとに、術中の椎間板造影を含む術手順を確立した(Fig-1)。現在、麻酔下ヤギ腰椎にPILN法を行う際に使用する機器を下記に列挙する。

Nd-YAG レーザー装置	眼球防護眼鏡
X-ray透視装置	ダブルルーメン針
サクションユニット	クオートファイバー
	圧センサーと記録装置
	造影剤

他に、術野清潔処置備品一式

結果

1. ダブルルーメン針：テフロンコーティングを施した18Gの外筒針と23Gの内筒針を組合せレーザー照射時には、発生するガス、炭化物を外筒側より吸引した。外径は1.2mmであり安全に髄核部に進入できる。テフロンコーティングと外の空気層により正

常周囲組織に熱による損傷を生じない。熱分布は針先では200℃前後の発熱が記録されたが、髄核と繊維輪の境界部分では40℃以下となり安全にレーザー照射ができることが確認された。バーンバックによる針、ファイバーの破損は、吸引を加えることによりほぼ解決した。以上の結果、現在では0.3秒のレーザー照射後、1.5-1.7秒休止を50-70回反復照射している（Fig-2）。

2. Nd-YAGレーザー装置の改良は操作性の改善と照射出力の安定化を重点に改良した。出力の安定化と正確性はコンピュータにより制御した。レーザー照射と休止の反復モードを設置しフットスイッチの踏み込みだけで反復照射を可能にした。プローブ部分でのキャリブレーションにより出力の安定照射を可能にした。
3. 圧センサーについては18Gの外針の内径に一致させた外径0.9mmの針先型圧センサーを開発した。先端の圧チップは0.5mm四方で4個の半導体からなるストレインゲイジで構成されており、温度ドリフト・直線性・時間安定性・ヒステリシスなどにおいて従来の圧センサーに比べ絶対値の計測が可能になった。
4. 術手順について
 - 1) 麻酔下のヤギを右側臥位のたいいとする。現在、進入は側法進入としている。
 - 2) 刺入針を経皮的に進め、X線透視の前後および側面像により針先を髄核中心部に設置する。
 - 3) マンドリン抜去後、圧センサーを挿入し圧計測を行う。
 - 4) 圧センサー抜去後、内針に設置したファイバーを外針針内に設置する。この際、ファイバーは内針先端より1mm後方に設置することが必要である。レーザー照射条件は前述の通りである。
 - 5) レーザー照射後、ファイバーを内針とともに抜去し、椎間板内圧を再検する。
 - 6) 椎間板造影をおこなう。
 - 7) 外套針を除去し、終了とする。

考察と結語

安全、容易かつ短時間に腰椎椎間板ヘルニアの治療法をレーザーの照射により行う方法を開発してきた。現在、圧センサーの開発もほぼ終了し、従来では手術適応となっていた症例のうち椎間板内圧の上昇が症状発現の主要因となっている症例に対し、本法の確実な適応をおこない得るシステムを完成した。本法は、照射出力・照射反復回数の調節により、キモスクレオリシスに準じる熱変性を主体とする照射からパンチやスクレオトームによる髄核摘出術に準じる髄核部分の蒸散法までの適応がある。現在、L₅-S₁への簡易な進入法として、正中進入の安全性を確認中であり、熱電対により針表面の温度分布を検討中である。また、照射前後の椎間板MRI像の

変化を検討している。さらに、臨床応用を前提とし、摘出椎間板髄核へレーザーを照射し、組織学的変性度に応じた照射条件を設定している。

Fig-1 P I L N法：レーザー照射時

Fig-2 ダブルルーメンニードル