親子内視鏡による関節内レーザー手術装置

小野俊哉、米沢卓実、小野村敏信^{*}、河野明正、阿部裕輔、森田純弘^{*}、
岸本郁男^{*}、井街 宏、渥美和彦、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 ^{*}大阪医科大学整形外科

^{**} 東京大学先端科学技術研究センター

DOUBLE MONITORING ARTHROSCOPE WITH LASER

T. ONO, T. YONEZAWA, A. KOUNO, Y. ABE, K. IMACHI
K. ATSUMI, I. FUJIMASA
T. CHINNZEI, K. MABUCHI
T. ONOMURA, S. MORITA, I. KISHIMOTO

Institute of Medical Electronics, Faculty of
Medicine and Research Center for Advanced
Science and Technology, University of Tokyo.
Osaka Medical College

The purpose of this study is to develop a
arthroscope with laser for arthroscopic
laser surgery. Methods: An original double
monitoring arthroscope was developed which
was composed of hard arthroscope with a
lumen for flexible arthroscope. The flexible
arthroscope had a lumen for laser fiber. The
observation of joint space with hard
arthroscope made possible to orient the
access direction of flexible arthroscope.
Then flexible arthroscope was accessed to
the narrow space or the back space under the
aid of hard arthroscope. After double
monitoring observation, laser irradiation
was done according to the therapeutic
purpose of joint diseases. In this time,
giant pulse Nd:YAG laser was used to
investigate the possibility of laser joint
surgery. Results: The system of double
arthroscope was useful to observe the joint

space in detail. And to cut, coagurate and
vaporize were able to do. Conclusions: If we
use this double arthroscope effectively,
atraumatic joint surgery will become
possible.

(はじめに)

近年、関節疾患に対する関節鏡視下手術が盛ん
になっており、この傾向は今後とも盛んになると
考えられる。しかし、関節鏡視下手術において、
現在までに実用化され、臨床応用がなされている
ものは硬性鏡であり、細部の観察や手術操作は必
ずしも容易ではない¹⁾。我々は、同軸の硬性鏡と軟
性鏡にレーザー装置を組み合わせることにより、
より正確な診断とより非侵襲的関節内手術を容易
におこないうるシステムの開発をしている。レー
ザーによる基礎実験は、この関節鏡をレーザーと
共に使用する前に行ったものである。1台のレー
ザー発振器により赤外、可視、紫外の領域にそれ
ぞれ発振可能なジャイアントパルスNd:YAG
レーザーを使用し、照射による組織変化よりレー
ザーによる関節内手術につき検討を加えた。

(方法)

親子関節鏡は、5000画素のイメージファイ
バー、ライトガイド、極細のフレキシブル内視鏡
用のルーメンからなる外径3.5mmの硬性鏡を
外径4.0mmのトラカールを通じ使用する。こ
の硬性鏡により関節内各組織の状態を観察し、フ
レキシブルな親子内視鏡を同軸に進め細部の観察や、
進入しにくい位置を2台のモニターにより観察す
る(図-1)。フレキシブルな外径1.7mmの
小関節鏡は、先端部分が2方向に方向づけできる
機能を有しており、3000画素からなるイメー
ジファイバー、イメージガイド、フラッシュ用お

よびレーザーファイバー用のルーメンから構成されている。図-2は、レーザーファイバーを内蔵した親子関節鏡の先端部分で、フレキシブルファイバーの先端は約15度、2方向に随意的に屈曲が可能である。

ジャイアントパルスYAGレーザーは基本波；1064nm、第2高調波；532nm、第3高調波；355nmであり、出力を200mattsとし、10ヘルツでは60秒、20ヘルツでは30秒間、アパーチャー、レンズを介してレーザー照射をした。

図-1 親子関節鏡。硬性鏡に組み込まれた細い軟性鏡の構造である。

図-2 レーザーファイバーを内蔵した軟性鏡。

(結果)

1. 図-1では硬性鏡での観察の一部を軟性鏡により拡大観察できることを示している。豚膝関節によるダブルモニターでは、硬性鏡によるもので広い視野を観察し、子内視鏡である軟性鏡により細部の観察をすることができた(図-3)。

2. 親子関節鏡の操作性については、まだその操作性に難点があり、特に術者一人での操作に限界があった。

3. 半月板組織への照射では、10ヘルツの第2高調波では鋭利に組織が切離でき、20ヘルツの第3高調波では組織の熱による融解、熱変性が認められた。このことは、レーザーによる組織の溶着の可能性を示唆している(図-4)。また、関節軟骨、靱帯においても、鋭利な組織の切離や組織の熱による溶解像が認められた。しかし、白色を基調とする組織群であるにも関わらず、照射条件は異なっていた。

4. 滑膜へのレーザー照射では、組織切離、蒸散のみならず、Qスイッチ、レンズを使用しないことにより滑膜表面に熱変性が生じ、レーザーによる滑膜切除の可能性が考えられた(図-5)。止血・凝固に関してもQスイッチを使用しない時に有効であった。このことから、止血・凝固に関しては、ジャイアントパルスレーザーは不可であることが確認できた。

(考察)

関節内組織を構成する組織は、関節軟骨・半月板・各種靱帯・滑膜などからなり手術目的でのレーザー使用に際して、種々の使用法が要求されると考えられる²。すなわち、組織切離、止血・凝固、組織蒸散、組織溶着、採石術、および希ではあるが腫瘍治療に対してである(図-6)。また、臨床において、安全性と関節鏡視下のレーザー手術の有用性のみならず、価格、サイズ、維持、操作性などを含めて従来より有用なものが求められると考えられる。現在、このような点につき、より小型化かつ維持と操作の容易な高出力半導体レーザー装置を開発し親子関節鏡視下レーザー手術の実用化を計っている。現在での高出力半導体レーザーの仕様は、波長830nm、780nmの合成波からなり、コア径400ミクロンの石英ファイバー先端での最高出力が4.5ワットの高出力半導体レーザーであり、種々のサファイアチップなどを使用し基礎実験をしている。

図-3 ダブルモニター装置の全景。右側のモニターが硬性鏡によるもので、その中央部を軟性鏡により拡大観察した様子が左側にモニターされている。

MASSON-TRICHLORE $\times 40$

図-4 ジャイアントパルスレーザー照射後の半月板組織半月板。鋭利な切離と組織の溶解が可能である。

Fundamentals
20 Hz, 13 Watts/cm², 3 min
Condenser lens (-) $\times 40$

図-5 滑膜表層の熱変性を示す。

組織切離	+シェイピング
止血・凝固	+滑膜切除
組織蒸散	+腫瘍破壊
	+穿孔
組織溶着	; 靱帯、半月板
腫瘍治療	; P D T, レーザーサーミア
碎石術	

図-6 関節内手術でのレーザー使用の可能性。

(結語)

1. 親子関節鏡による鏡視下レーザー手術装置により、関節内でのより正確な診断と非侵襲的手術が可能と考えられた。2. 今後、操作性の改良とともに、レーザーの種類・照射方法などを変え、目的に応じたレーザーの選択ができるように各種レーザーによる照射実験を行う予定である³。

(文献)

1. 渡辺ほか：関節鏡今昔。関節鏡，Vol. 14，No. 2:225-236, 1989.
2. Sherk : Lasers in Orthopedics, Lippincott, Philadelphia, 129-133, 1990.
3. Whipple TL, Caspari RB, Meyers JF : Laser energy in arthroscopic meniscectomy . Orthopaedic 6, No. 9:1165-1169, 1983.