心臓血管とレーザー
—狭心症・心筋梗塞への応用—
岡田昌義、辻義彦、吉田正人

神戸大学医学部第2外科

Laser Application in Cardiovascular Surgery ; Especially for angina pectoris and myocardial infarction

Masayoshi Okada, Yoshihiko Tsuji, Masato Yoshida

Department of Surgery, Division II, Kobe University School of Medicine

Abstract

Lasers have been recently utilized in the field of cardiovascular surgery through the world. Most of them are fundamental works concerning laser angioplasty.

Since 1980 we have started three scientific studies as follows. That is, 1) myocardial revascularization by laser, 2) vascular anastomosis, 3) laser angioplasty.

On the basis of excellent experimental studies in these fields, lasers were clinically applied with safety.

The numbers of the patients for whom lasers were utilized reached to 185 cases.

They consisted of one case with myocardial revascularization, 110 cases with laser vascular anastomosis including coronary artery bypass grafting of 13 cases and 74 cases with laser angioplasty including intraoperative coronary angioplasty of 10 cases.

Twenty-four cases of them received laser applications, because of angina pectoris and myocardial infarction.

Characteristics of lasers were clearly recognized even in our clinical experience. Indications, techniques and long-term results of laser applications in cardiovascular surgery were reported in detail.

緒言

近年、心臓血管外科における医用レーザーの応用に高い関心が払われている。すでに欧米では非常な勢いで臨床応用がなされているが、わが国においてはまだ緒についたばかりである。

著者らは1980年初期からこの領域にいち早くレーザーを導入し、レーザーの特色が発揮されるかを種々検討した。

その結果、1) 心筋の血行再建術、2) レーザー

による細小血管吻合術、3) レーザー血管形成術においていずれも満足すべき成果がえられた。これらの基礎的研究の成果に基づき、臨床応用がなされた。現在その総数は185症例に達しており、良好な成績がえられている。今回、これらの症例中、狭心症並びに心筋梗塞に対するレーザー応用を中心に臨床における自験例について報告する。

対象並びに方法

1. 対象

現在までに心臓血管外科領域でレーザーが応用されたのは185症例である。その内訳は1) 心筋の血行再建術1例、2) 冠動脈バイパス (CABG) 13例を含むレーザー血管吻合術110例、3) 冠動脈のレーザー形成術10例を含むレーザー血管形成術74例である (表1)。

表1 心臓血管外科領域におけるレーザーの臨床応用

適 応	症 例 数
1) 心筋の血行再建術	1
2) 血管吻合 (冠動脈バイパス13例を含む)	110
3) 冠動脈の拡大形成術	10
4) 末梢動脈の拡大形成術	64
計	185

今回、これらの症例中狭心症並びに心筋梗塞を有する症例24例を対象とした。性別は男性23例、女性1例であり、年齢は39～70歳 (平均58歳) であった。

狭心症12例、心筋梗塞12例と同数であったが、全例に冠動脈造影が施行され、いずれも有意病変が複数に確認された。

2. 方法

a) 心筋の血行再建術

本法は冠動脈が全体にびまん性に細くなり、CABGの実施が不可能な末期的ケースに対する対策法である。すなわち、心表面から左室腔に至る心筋貫通孔をCO₂レーザー (出力100W、照射時間0.2sec以上) を用いて作成し、左室内の動脈血をこの孔を通じて虚血に陥った心筋内に灌流させて心筋細胞の回復を図る画期的な方法である。

すでにこの方法で作成した心筋貫通孔は3年という遠隔期においても開存し、しかもその最内層には一層の内皮細胞が形成されているという事実を組織学的に確認し、本法が実施臨床面で応用しうることを立証した¹⁾。

b) レーザー血管吻合術

組織への侵襲が軽微であるCO₂レーザーを使用した。吻合する血管の断端を細い支持糸で密着させることが、手技上重要である。また、CO₂レーザーは水分に吸収されやすいので接合する部位はdry fieldにつとめることも肝要であっ

た。

レーザー出力は20～40mW、照射時間は6～12sec/mmが至適条件であった²⁾。一方、吻合部の組織学的所見並びに強度の検討においても、レーザー吻合部は予想外に強固に癒合している事実が確認された。

c) レーザー冠動脈形成術

本法には組織への深達度が強いArgonレーザーを使用した。硬化性病変をレーザー熱によって蒸散、熱灼するのがその目的である。本法を安全かつ確実に遂行するためには血管内視鏡の応用は極めて重要であった。

レーザー出力としては出力4～5W、照射時間1～2secを1回照射として行うのが安全であり、病変の程度に応じて反復照射することがその要点であった。

一方、先端の温度が自由に設定できる金属ホットチップを使用する場合には、その温度を200℃、照射時間を2secに設定する必要があった。冠動脈は細く、かつその壁が薄いからである。

結果

1. 心筋の血行再建術への臨床応用

CO₂レーザーを用いる基礎的研究から本法が臨床面に応用できることが確認された。

この成果に基づいて重症狭心症の男子例に本法が実施された¹⁾。現在、術後7年目になるが、外来通院も可能となり、経過を観察している。

2. 冠動脈バイパス術への臨床応用

末梢動脈でのレーザー血管吻合術で本法の有用性が確認されたので、CABGにレーザーを応用した。

現在その数は13例であり、全例男性である。

平均年齢は59歳であるが、冠動脈造影上多枝病変例であることが判明し、2～3枝バイパスが実施された。このうち左冠動脈前下行枝へのバイパスにはレーザーが応用された (表2)。

グラフトとして内胸動脈が4例に、大伏在静脈が9例に使用された。

全例にグラフト造影が実施されたが、吻合部狭窄はみられず全く自然な状態で吻合されており、本法の特徴が確認された (図1)。

3. レーザー冠動脈形成術への臨床応用

最近、CABGの対象症例が高齢者となるにシテ、1本の冠動脈に複数の狭窄病変を有するケースが増加している。このような症例に対して著者らは75%以上の有意な冠動脈病変にはCABGを実施しているが、そのバイパス吻合部よりも主として末梢側に存在する60%未満の狭

表2 レーザーによる冠動脈バイパスの臨床例

Case	Age	Sex	Symptom	CAG	Bypass (CABG)	Site of Anast.	Remarks
1) Y.Y.	52	M	PIA	LMT (6) 90% LAD (9) 99% C _x (3) 75%	LAD C _x D1	LAD (I-ITA)	40mW, 10mm, 54sec
2) K.N.	59	M	UAP	LMT (9) 90% RCA (3) 90%	LAD C _x	LAD (GSV)	40mW, 8mm, 50sec
3) T.Y.	56	M	UAP	LAD (6) 75% C _x (13) 100% RCA (2) 90% (3) 75%	LAD C _x RCA	LAD (GSV)	40mW, 12mm, 65sec
4) M.O.	69	M	AP	LAD (6) 75% (7) 25% C _x (13) 75% RCA (3) 100%	LAD C _x	LAD (GSV)	40mW, 8mm, 48sec
5) T.Y.	39	M	PIA	LAD (7.8) 75% RCA (2) 90%	LAD C _x RCA	LAD (I-ITA)	40mW, 9mm, 50sec
6) T.Y.	58	M	UAP	LMT (5) 75% LAD (7) 100% C _x (11) 90% (12) 100% RCA (2) 100%	LAD C _x RCA	LAD (GSV)	40mW, 10mm, 59sec
7) K.I.	63	M	PIA	LMT (5) 75% LAD (7) 75% C _x (12) 75% (13) 90% RCA (1) 100%	LAD C _x	LAD (GSV)	40mW, 24mm, 120sec
8) M.T.	62	M	PIA	LAD (6) 90% (9) 100% C _x (13) 75% (14,15) 90% RCA (2) 75%	D1 C _x RCA	LAD (GSV)	40mW, 20mm, 94sec
9) K.K.	70	M	PIA	LAD (7) 50% C _x (11) 99%	D1 C _x	D1 (GSV)	40mW, 24mm, 126sec
10) M.O.	54	M	PIA	LAD (6) 100% RCA (1) aneurysm	LAD	LAD (I-ITA)	40mW, 12mm, 62sec
11) M.M.	65	M	UAP	LAD (6) 100% C _x (11) 75% RCA (12) 90% (3) 100%	LAD C _x RCA	LAD (GSV)	40mW, 12mm, 68sec
12) K.M.	59	M	UAP	LMT (5) 90% RCA (3) 50%	LAD C _x	LAD (GSV)	40mW, 12mm, 74sec
13) Y.N.	61	M	OMI	LAD (6) 100% RCA (2) 90%	LAD RCA	LAD (I-ITA)	40mW, 12mm, 45sec

PIA: Postinfarction angina
UAP: Unstable angina pectoris
OMI: Old myocardial infarction

LMT: Left main trunk
LAD: Left anterior descending artery
C_x: Circumflex artery
I-ITA: Left internal thoracic artery
GSV: Great sphenous vein

a) 内胸動脈一前下行吻合 b) グラフト造形

図1 レーザーによる冠動脈バイパス例

窄病変には積極的に術中レーザーにより内腔の拡大を図る形成術を血管内視鏡を駆使して行っている³⁾。

この操作により、distal run offが改善され、グラフトの長期開存が期待でき、さらにバイパスの本数を少なくすることが可能となり、手術時間の短縮にもつながっている。

このように本法は重症例にも大きな侵襲なく実施できるので今後大いに適応されてよい手段と考えられる。

現在まで10症例に本法が実施され、満足すべき成績がえられている(表3)。

表3 レーザーによる術中冠動脈形成術の臨床例

Case	Age	Sex	Symptom	CAG	Bypass	Site of Laser OTCA and its conditions
1) K.N.	59	M	UAP	LMT (5) 90% LAD (7) 75% RCA (9) 90% (3) 50%	LAD D1 RCA	LAD (6w, 3 sec, 3 times)
2) I.K.	41	M	PIA	LAD (6) 90% (7) 75% C _x (11) 99% RCA (1) 100%	LAD	LAD (6w, 2 sec, 3 times)
3) S.K.	61	F	PIA	LAD (6) 90% (9) 90% C _x (13) 100% RCA (1) 100%	LAD RCA	RCA (6w, 3 sec, 7 times)
4) T.Y.	56	M	UAP	LAD (6) 75% C _x (13) 100% RCA (2) 90% (3) 75%	LAD C _x RCA	RCA (6w, 3 sec, 5 times)
5) T.Y.	39	M	PIA	LAD (7.8) 75% C _x (13) 90% RCA (2) 90%	LAD C _x RCA	LAD (6w, 3 sec, 3 times)
6) M.N.	67	M	UAP	LAD (6) 100% C _x (14) 90% RCA (1) 75%	LAD C _x RCA	RCA (5w, 2 sec, 2 times 6w, 3 sec, 3 times)
7) T.A.	65	M	PIA	LAD (6) 100% C _x (13) 99% RCA (1) 100%	LAD C _x RCA	LAD (6w, 3 sec, 3 times)
8) M.M.	65	M	UAP	LAD (6) 100% C _x (11) 75% RCA (3) 100%	LAD C _x RCA	LAD (4w, 2 sec, 4 times)
9) Y.N.	61	M	OMI	LAD (6) 100% RCA (2) 90%	LAD RCA	RCA (2w, 2 sec, 10 times)
10) A.U.	65	M	UAP	LMT (5) 75% C _x (14) 90% RCA (2) 75%	LAD C _x RCA	LAD (200°C, 5 sec, 126sec)

PIA: Postinfarction angina
AP: Angina pectoris
UAP: Unstable angina pectoris

男性9例、女性1例であり、平均年齢は58歳であった。全例に狭心痛がみられ、冠動脈造影の結果、多枝病変を有していた。手術は1例を除く全例に2~3枝バイパスが実施されたが、この際術中にレーザー形成術が行われ、良好な経過がえられている(図2)。

考察

1. 心筋の血行再建術について

本法は冠動脈が全体に狭小化しCABGが可能な所見が造影上判明しない場合に適応があると考えている。本法では心収縮期に左室内腔の動脈血が心筋貫通孔を通して虚血心筋に灌流することにより酸素の供給がえられる事実を確認している。したがって、本来の冠循環とは逆の血

a) レーザー照射中

b) 照射前後の血管内視鏡所見

図2 レーザーによる冠動脈形成術の臨床

行動態で心筋に酸素が供給されているのである。一方、CABGに加えて本法を追加することは、全く意味がないと考えている。現在、かなり細い冠動脈に対してもCABGが積極的に実施されており、本法の適応となる症例は少ないと考えられるが、将来的にみて末期的な症例には有用な術式であると考えている。

2. レーザーによるCABGについて

冠動脈は通常1.5~2.0mmと細く、血行再建術後の遠隔成績の向上を図るためには、吻合部狭窄を防止することが最も重要である。著者らは異物反応を惹起する縫合糸を可及的少なくするためにこのレーザー応用に着目した。実際の適応としては、冠動脈が心表面を走行し、比較的壁の硬化が少ない場合にレーザーの応用が可能であり、かかる症例での結果は良好である。高度の石灰化が存在する場合には本法の適応はない⁴⁾。

3. レーザーによる術中の冠動脈形成術

現在、レーザーによるPTCAが欧米で実施されているが、その成績にはかなりの幅がみられる。これはその適応や手技が各施設により大きく異なるからであろうと考えられる。

著者らは術中心停上下に血管内視鏡を用いて行えば安全かつ確実に実施できることを確認し、本法を推奨している。冠動脈のように細い動脈における血管形成術には、とにかく安全性を確保しながら正確に硬化性病変を蒸散、熱灼することが第一である⁴⁾。このような体制をしくことにより、治療成績の向上がえられるものと考えている。

結語

1) 心臓血管外科領域、とくに狭心症、心筋梗塞の治療において、レーザー応用の有用性の数々

が確認され、今後大いに適応されてよい手段と考えられた。

2) 治療目的に応じてレーザーを選択し、至適な条件下で使用する事が重要であった。

3) 冠動脈の血管形成術においては、血管内視鏡の応用は不可欠であった。

参考文献

- 1) Okada, M. et al: A new method of myocardial revascularization by laser. J Cardiovasc surgeon 39: 1, 1991
- 2) Okada, M. et al: Laser angioplasty for the peripheral and the coronary artery disease. Angiologie 42: 121, 1990
- 3) 岡田昌義ほか: 血管内視鏡下におけるレーザー治療
—冠動脈疾患におけるレーザー形成術の臨床例を含めて— Coronary 6 (Suppl): 97, 1989
- 4) 岡田昌義ほか: 狭心症・心筋梗塞に対するレーザー治療, 日本心臓血管外科学会雑誌 20: 205, 1990