低出力CO₂ レーザーによる血管吻合の臨床応用 Clinical application of vascular anastomosis by low output CO₂ laser

岡田昌義、吉田正人、辻 義彦、中村和夫
Masayoshi Okada, MD, Masato Yoshida, MD, Yoshihiko Tsuji, MD, Kazuo Nakamura, MD.
神戸大学医学部第2外科
Department of Surgery, Division II,
Kobe University School of Medicine

In vascular surgery, there is a great problem to keep high patency rate after reconstructive surgery especially for small-caliber vessels. For resolving of this problem, laser was applied to make vascular anastomosis with few stay sutures. Optimal conditions of vascular anastomosis by lasing were 20~40mW in output and 6~12sec/mm in irradiation time. Histological examination revealed good healing at the sites of anastomosis by laser. And adequate intensity of the anastomotic sites by laser was also confirmed. On the basis of excellent experimental studies, laser was employed to make vascular anastomosis in 91 patients with intermittent claudication and anginal pain and renal failure. The first successful clinical application was carried out in 44year-old female patient with renal failure on 21st February 1985 in the world. Coronary artery bypass surgery was also performed clinically by using low output Co₂ laser. All patients are now doing well without any complications throughout the laser. The longest survivor has been passed 4years 9months after laser surgery. Laser application in this field was useful and inevitable to make vascular anastomosis especially for small-caliber vessels.

緒 言

現在血管外科における最大の関心事は細小血管の血行再建術後の遠隔期における開存率の向上である。この目的のために人工血管や縫合糸あるいは抗凝血薬などにいたる積極的な開発や改良が加えられている。著者らはいかに多方面にわたる研究が加えられても、やはり縫合糸による影響が最も大きいため、縫合糸の使用を可及的少なくするのが効果的ではないかと考え、レーザーの応用に着目した。

近年の医用レーザーの開発にはめざましいものがあるが、著者らは数あるレーザーの中で最も組織への侵襲が少ないCO₂を選択し、血管吻合に応用した。

系統的な基礎的研究を開始して好成果を収めたので、実地臨床面に応用した。現在までに著者らは心臓血管外科領域でレーザーを115症例に応用した。最長のfollow-up症例は4年9か月になるが、全例健在である(表1)。

以下、著者らの自験例を中心に低出力レーザーを用いた血管吻合法に関する手技、適応、問題点などについて報告する。

1) 血管吻合時の至適なレーザー照射条件

まず、レーザー出力と照射時間とを種々組み合わせ動脈壁に対する組織反応を種々検討した。その結果、レーザー出力20~40mW、照射時間6~12sec/mmが血管吻合に

表1 心臓血管外科におけるレーザーの臨床応用

Method	No. of Case
1) Myocardial revascularization	1
2) Vascular anastomosis (including CABG 8 cases)	91
3) Laser angioplasty for the coronary artery	6
4) Laser angioplasty for the peripheral artery	17
total	115

際して至適条件であることが判明した。この条件で数本の支持糸を使用し、CO₂レーザーによる血管吻合(岡田法)の可能なことを立証し、末梢動脈の血行再建術をはじめ冠動脈バイパスにも十分レーザーで吻合が可能であることを確認した(図1)²⁾³⁾。しかもレーザーによる吻合時間は縫合糸による手段と対比して、1/2~1/3短縮できる事実を確認した。

2) レーザーによる血管吻合の適応とそのポイント

直径4mm以下の細小血管の血行再建術にレーザーによる吻合が最適であると考えられる。縫合糸による吻合部

図1 レーザー吻合のポイント

狭窄が起こりにくく、長期の開存性が期待されるからである。一方、吻合部に石灰化や高度の硬化性病変が存在する場合には本法の適応はない。つぎに、血管吻合のポイントについて述べるが、それは、以下の4点である。すなわち、a) 吻合する血管の断端を4本位の細い支持糸をかけて密着させること、b) 支持糸を軽く牽引して吻合線上に焦点光をゆっくり照射すること、c) 吻合部はdry fieldにすること、などである¹⁾(図2)。

a) 側々吻合

b) 端々吻合

図2 レーザー血管吻合の実際

3) 血管吻合部の強度

レーザー吻合部の強度がどの程度保持されているかについては多くの注目がよせられている。この点を説明すべく吻合部の耐圧試験と抗張力試験との2つの観点から検討した。その結果、耐圧試験では吻合終了時(血圧120 mmHg前後)に出血点がなければ、その後血圧が300 mmHgと著明に上昇してもほとんど出血しない事実が判明した。

一方、吻合部に加重をかけてその断裂する時点での抗張力を縫合糸による吻合部とレーザーによる吻合部のそれと対比した。その結果、縫合糸による抗張力の平均は 1103.7 ± 144.8 g、レーザー吻合部の場合は 1034.2 ± 103.9 gと両者間に有意差のない事実が判明し、臨床応用への可能性が如実に呈示された²⁾。

4) 血管吻合部の組織学的所見

レーザー血管吻合の直後は外膜から中膜にいたる弾力繊維やコラーゲンがレーザー熱で融解し、あたかも生体糊の作用をしている事実が確認された。ごく初期には、部はフィブリン膜で被覆されているが経時的にはfibroblastや結合組織の増生がみられ、2か月以上になると線維性組織が増生し吻合部の癒合が強固になっている所見が確認された。一方、縫合糸による吻合部では糸による異物巨細胞がみられ、これが次第に肉芽組織の増生を過剰にさせて、血管内腔を狭小化せしめている所見が呈示され、レーザー吻合部でより良好な癒合所見がえられた⁴⁾⁵⁾。

5) 臨床例への応用

基礎的研究で本法の有用性を確認した後、実地臨床面に応用した。現在までにレーザーによる血管吻合は臨床例91例(男62例、女29例)に実施された(表2)。年齢は18～80歳(平均59歳)であり、血管吻合の条件はレーザー出力30～50mW(平均40mW)、照射時間38～360sec(平均5.8 sec/mm)であった。石灰化や硬化性病変が高度であっても限局性の場合には部分的に切除し吻合部断端が柔軟性となった時点で吻合を開始し、とくに問題にはならなかった。吻合された動脈は、大腿動脈をはじめ膝窩動脈、橈骨動脈、腎動脈、上腕動脈、大腿静脈と多くの部位にわたっている。吻合方法は端々吻合が67ヶ所、端側吻合が45ヶ所、側々吻合が1ヶ所の計113ヶ所であった²⁾。支持糸の間隔は4～5mmが適切であった。

a) 末梢動脈への応用

第1例は昭和60年2月21日、44歳女性例に対して慢性腎不全の治療を目的として行われた橈骨動脈での動・静脈吻合であった。本症例は臨床例におけるレーザー血管吻合の世界最初の成功例であった(図3)。本症例を含め、その後の臨床例の報告は1985年5月にフロリダ州のオランドで開催された第5回アメリカレーザー医学会で報告する機会をえた。この際、臨床経験のないアメリカの医

師連から多数の質問攻めにあったのを昨今のように覚えている。現在、術後最長例は4年9ヶ月になるが、全例で吻合部の開存が証明され、血腫や動脈瘤などの合併症は認められず、満足すべき成績がえられている(図4)。

表2 レーザーによる血管吻合の臨床例

No. of cases : 91 cases (Male 62, Female 29)
Age : 18~80 year (mean 59 Y)

Site of Anastomosis	No. of Anastomosis
Femoral artery (EE)	63
Femoro-popliteal bypass (E-S anast. by SVG)	28
Radial artery-ceph. V.(E-S)	4
Femoral vein (E-E)	3
Pop.-popliteal bypass (E-S anast. by SVG)	2
Brachial artery (E-E)	1
r-Renal artery-Ao. bypass	1
Tibial artery (S-S, E-S)	3
SVG-LAD (E-S)	6
LIMA-LAD (E-S)	2
Total	113

E-E : End-to-end anastomosis
E-S : End-to-side
S-S : Side-to-side

図3 動・静脈の端側吻合(44歳、女)

図4 レーザーによる両側大腿、膝窩動脈バイパス術
(68歳、男)

b) 冠動脈バイパスへの応用

末梢動脈例で好成績がえられたので冠動脈に対してもレーザーが応用されした。現在まで8症例にレーザーが応用されたが、いずれも左冠動脈前下行枝(LAD)での吻合であった(表3)。

これら症例中、興味ある症例5および6を供覧する。症例5: 39歳、男、心筋梗塞後の狭心症例である。冠動脈造影上、LAD(No. 7、8)に75%、Cx(No. 13)に90%、RCA(No. 2)90%狭窄を有することが判明した。手術はNo. 3、13には大伏在静脈を用いるバイパスが行われたが、LADには内胸動脈を用いるレーザー吻合が施行された(図5)。

症例6: 58歳、男、左冠動脈主幹に75%狭窄、LAD(No. 7)100%、Cx(No. 11、12)に75%、90%、RCA(No. 2)100%閉塞が認められた。各狭窄部に大伏在静脈を用いる三枝バイパスがLAD、Cx(No. 12)、RCA(No. 3)に実施されたが、この際LADの吻合にレーザーが使用された(図6)。これらの症例はいずれも術後狭心痛は消失し、グラフトの造影においても開存が証明された。とくに、レーザー吻合部での狭窄所見の認められないのが、本法の特色であると考えられた。

表3 レーザーによる冠動脈バイパスの臨床例

Case	Age	Sex	Symptom	CAG	Bypass	Site of Anast.	Remarks
1) Y. Y.	52	M	PIA	LMT 90% LAD (6) 99% (9) 75%	LAD Cx D ₁	LAD (LIMA)	40mW, 10mm, 54sec
2) K. N.	59	M	UAP	LMT 90% (9) 90% RCA (3) 50%	LAD Cx	LAD (SVG)	40mW, 8mm, 50sec
3) T. Y.	56	M	UAP	LAD (6) 75% Cx (13) 100% RCA (2) 90% (3) 75%	LAD Cx RCA	LAD (SVG)	40mW, 12mm, 65sec
4) M. O.	69	M	AP	LAD (6) 75% (7) 25% Cx (13) 75% RCA (3) 100%	LAD Cx	LAD (SVG)	40mW, 8mm, 48sec
5) T. Y.	39	M	PIA	LAD (7.8) 75% Cx (13) 90% RCA (2) 90%	LAD Cx RCA	LAD (LIMA)	40mW, 9mm, 50sec
6) T. Y.	58	M	UAP	LMT (5) 75% LAD (7) 100% Cx (11) 90% (12) 100% RCA (2) 100%	LAD Cx RCA	LAD (SVG)	40mW, 10mm, 69sec
7) K. I.	63	M	PIA	LMT (5) 75% LAD (7) 75% Cx (12) 75% (13) 90% RCA (1) 100%	LAD Cx	LAD (SVG)	40mW, 24mm, 120sec
8) M. T.	62	M	PIA	LAD (6) 90% (9) 100% Cx (13) 75% (14, 15) 90% RCA (2) 75%	D ₁ Cx RCA	LAD (SVG)	40mW, 20mm, 94sec

PIA: Postinfarction angina
UAP: Unstable angina pectoris

図6 レーザーによる冠動脈バイパス術
(大伏在静脈-前下行枝吻合、58歳、男)

結 語

- 1) 低出力CO₂レーザーにより血管吻合の可能性が十分に確認された。
- 2) 血管吻合に至適なレーザー照射の条件は出力20～40mW、照射時間6～12sec/mmであった。
- 3) 臨床例91症例に対してレーザーによる血管吻合が実施され、全例で良好な成果がえられた。
- 4) レーザーによる血管吻合は、とくに細小動脈(冠動脈バイパス)においてその効果が発揮された。
- 5) 将来的にみて、レーザーによる血管吻合は適応を厳選することにより普及するものと考えられた。

文 献

- 1) 岡田昌義他：心臓血管外科におけるレーザーの役割、臨床胸外科 8: 535, 1988
- 2) 岡田昌義他：レーザー応用による冠血行再建術と将来の展望、臨床胸外科 42: 617, 1989
- 3) Okada M et al: An alternative method of vascular anastomosis by laser; Experimental and clinical study. Lasers Surg Med 7: 240, 1987
- 4) White R et al: Comparison of laser welded and sutured arteriotomies. Lasers Surg Med 6: 178, 1986
- 5) Okada M et al: A new method of vascular anastomosis by laser. Surg Med Lasers 1: 65, 1988
- 6) 岡田昌義他：冠動脈疾患とレーザー手術、Heart Nursing 2: 123, 1989

図5 レーザーによる冠動脈バイパス術
(内胸動脈-前下行枝吻合、39歳、男)