特集／ティッシュウェルディング

Tissue Weldingの観点からみた血管吻合術 Vascular anastomosis by laser tissue welding

岡田 昌義, 清水 一太, 生田 博, 辻 義彦, 吉田 正人
神戸大学医学部第2外科

Masayoshi OKADA, Kazuta SIMIZU, Hiroshi IKUTA,
Yoshihiko TSUJI and Masato YOSHIDA
Department of Surgery, Division II Kobe University, School of Medicine

要 旨

Tissue welding により血管吻合が可能かどうかを確認する目的で基礎的研究を行った。その結果、CO₂レーザーを応用すれば出力20～40mW、照射時間6～12sec/mmという至適な条件下で十分血管吻合が可能であるという事実が立証された。かかる成果に基づいて臨床例110例に応用し、本法による血管吻合術が十分可能であり、良好な成績がえられることが確認された。今後、このtissue welding 法は大いに普及するものと考えられた。

キーワード：ティッシュウェルディング、低出力CO₂レーザー、耐圧並びに抗張力テスト、間歇性跛行、虚血性心疾患

Abstract

The aim of this study was to evaluate an availability of vascular anastomosis by laser tissue welding. For this study CO₂ laser was applied for tissue welding, because of minimized tissue reaction. Optimal conditions of laser vascular anastomosis were 20～40mW in output and 6～12 sec/mm in irradiation time.

Based on the excellent experimental studies, CO₂ laser was employed for 110 patients with intermittent claudication, renal failure and anginal attack. There are no complications for laser irradiation. From these findings, technique of the tissue welding by laser might be used in vascular surgery especially for small-caliber vessels.

Key words : Tissue welding, low power CO₂ laser, pressure stress and tensile strength tests, intermittent claudication, anginal attack.

はじめに

著者らは1980年初期から心臓血管外科領域においてわが国でいち早くレーザーを導入し、種々基礎的研究を重ねてきた。この際生体組織は低出力のレーザー熱に当れば組織が融解し、凝固する事実を見出した。その後CO₂レーザーを用いてtissue weldingの状況を検索し、血

管吻合が可能かどうかを目的として研究した。その結果、満足すべき成績がえられたので実地臨床面にも応用し、その実績も立証されたので報告する¹⁾。

1) Tissue weldingの目的

冠動脈のバイパス術のごとき細小血管の血行再建術を

行った際、遠隔期の開存率を高く維持することは現時点における最大の関心事といえる。そのためには血管吻合術において縫合糸をできるだけ少なくし、これによる異物反応を極力抑えることが得策ではないかと考え、これにレーザーを応用した²⁾。

2) レーザーエネルギーと血管組織との反応

レーザーの種類としては組織への反応が軽微であるCO₂を使用した。

対象として成犬を用いて全身麻痺下し、頸動・静脈、大腿部・静脈の薄片を摘出した。その後、小動脈に対してはレーザー出力20, 40, 60, 80mW, 照射時間5, 10, 20sec, 壁の薄い静脈に対しては、動脈の照射時間の半分としてtissue weldingの状況を観察した³⁾。

3) Tissue weldingの適切な条件

上述の条件下で組織反応を検討したが、その状況を以下の3型に分類した。すなわち、Ⅰ型：レーザー照射により血管壁に凝固層のみが存在するもの、Ⅱ型：凝固層と炭化層とが認められ、これらの層が血管壁の1/2以下のもの、Ⅲ型：組織への反応が強く組織欠損を伴うもの、などである。

これらの所見を総合的に判定したところ、血管吻合に適切なtissue weldingの条件は、レーザー出力20~40mW, 照射時間6~12sec/mmであることが確認された。その後、この条件下で血管吻合を側々、端側並びに端々吻合で施行したが、いずれの手段においても可能なことが証明された²⁾。

4) Tissue weldingによる血管吻合のポイント

血管吻合の要点は以下の点での注意が必要である。すなわち、a) 吻合する血管の断端に数本の支持糸をかけて接合させること、b) 吻合線上にレーザーの焦点光をゆっくりとあてること、c) CO₂レーザーは水分等に吸収されやすいので吻合線上は必ずdryに維持すること、などである。

5) レーザー血管吻合部位の強度について

Tissue weldingによるレーザー吻合部の強度の点を解明するために、レーザーと縫合糸による吻合直後の20箇所について耐圧並びに抗張力テストを行って、その両群を比較検討した。

a) 耐圧テスト

吻合した直後にnoradrenalinを1筒静注して動脈圧を300mmHgまで上昇させ、出血の有無を観察した。その

結果、吻合直後に出血点がなければ、その後動脈圧の上昇によってもほとんど出血しないことが確認された。吻合直後の出血は支持糸による針孔からのものが大半を占めたが、これはガーゼの圧迫で止血できた。

b) 抗張力テスト

吻合直後に加重をかけて吻合部が離断するときの重量で抗張力を算出した。その結果、レーザー吻合部での抗張力は1034.2±103.9g, 縫合糸によるそれは1103.7±144.8gと、この両群間に有意差のない事実が判明し、レーザー吻合部が予想外に強固に癒合していることが証明された。

6) Tissue welding部の組織像

レーザーにより吻合した部位を光顕的に観察した。吻合直後はレーザー熱によって外膜や中膜の弾性線維やコラーゲンが融解して、あたかも生体糊のようになり癒合している組織像が明らかに認められ、レーザーによって良好に吻合されている事実が立証された。

経時的な変化をみると、fibroblastの増生が次第に強くなり、少なくとも2カ月以降になると、吻合部はごく自然な状態で癒合しているのがみられた。このような変化は血管内視鏡下にも観察され、レーザーによってtissue weldingが十分に行われているという過程が明らかに呈示された。

一方では、縫合糸による吻合部の組織像をも検討したが、縫合糸の周りには異物巨細胞の出現が多数みられた。これが要因となって、後日、過剰な肉芽形成が生じることが確認された。このような現象が生じると細小血管の吻合部ではとくに内腔の狭小化が惹起されることになり、遠隔期における開存率に支障がみられる。以上の所見より、レーザーによるtissue weldingが優れているものと考えられた。

このようにレーザーによるtissue weldingにより良好に血管吻合が確実にできるのは、低出力CO₂レーザーのエネルギーが内膜にまで到達しないために、内膜損傷が生じないためであるという事実が立証されたのである。

7) 臨床例への応用

基礎的研究でレーザーによるtissue weldingで血管吻合が可能であり、その有用性が確認されたので臨床例に応用した。その総数は現在110症例(男性77例, 女性33例)であり、血管吻合の箇所は135カ所であった⁴⁾。年齢は18~80歳(平均59歳)である。

a) 末梢動脈に対する応用

97症例, 122カ所の末梢動脈に対してレーザーが応用

された。そのtissue weldingの部位は大腿動・静脈、膝窩動脈、脛骨動脈、足背動脈、上腕動脈、橈骨動脈とバラエティに富んでいる。CO₂レーザーの条件は出力30～60mW（平均40mW）、照射時間38～360sec（平均5.8 sec/mm）であった。臨床例の第1例目は1985年2月21日、慢性腎不全症例に対して橈骨動脈部で動・静脈端側吻合が行われた。この症例はレーザー応用による血管のtissue welding法での世界における最初の臨床成功例となった。その後末梢動脈ではbelow kneeの足背動脈への血行再建術をもレーザーのtissue welding法を応用し、良好な成果がえられている。

b) 冠動脈に対する応用

末梢動脈でレーザー応用に好結果がえられた後に、冠動脈に応用した。現在その数は13症例であり、全例が男性で年齢は39～70歳（平均59歳）である。症状は、狭心症あるいは心筋梗塞後狭心症を呈しており、冠動脈造影にて、いずれも多岐病変例であることが確認された。グラフトとして内胸動脈が4例に、大伏在静脈が9例に使用されたが、前下行枝の吻合にはレーザーによるtissue weldingが応用された。全例で経過は良好である。

冠動脈のように細い動脈の血行再建術では、吻合部狭窄を防止することがとくに重要である。かかる目標に対しては、このレーザーによるtissue weldingは合理的であり、今後大いに賞用されてよい術式と考えられる。

おわりに

血管のtissue weldingとしてCO₂レーザーが十分その機能を発揮することを基礎的研究で確認した。Argon、Nd-YAGレーザーによって現在多くのレーザーが種々の目的で使用されているが、CO₂レーザーが最も組織への深達度が軽微であることが特徴的であり、他の種類と比較して最も有用と考えている。

このようにレーザーが血管のtissue weldingとして応用できることを確認して臨床例に応用したが、特に細小血管の血行再建術にその特色が発揮されるものと考えられた。さらに、特記すべき点はレーザーによる血管吻合部には狭窄が生じないことであろうと考えている。

このようにレーザーによるtissue welding法には画期的なものがあり、今後大いに普及するものと考えている。

文献

- 1) 岡田昌義：心臓血管外科領域におけるレーザーの応用について、日本レーザー医学会誌7：42, 1986
- 2) 岡田昌義, 清水一太, 生田博ほか：CO₂Laserを用

いる新しい血管吻合法 —基礎的並びに臨床的研究—、日本外科学会誌88：390, 1987

- 3) Okada M, Shimizu K, Ikuta H et al: An alternative method of vascular anastomosis by laser: Experimental and clinical study. Lasers Surg & Med, 7:240, 1987
- 4) 岡田昌義, 清水一太, 生田博ほか：血管接着剤として有用なCO₂レーザーの応用 —基礎と臨床—、脈管学32：1115, 1992