

氏名(本籍) 黒川良望

学位の種類 医学博士

学位記番号 医第2035号

学位授与年月日 昭和63年9月14日

学位授与の要件 学位規則第5条第2項該当

最終学歴 昭和55年3月
東北大学医学部医学科卒業

学位論文題目 炭酸ガスレーザーを用いた細小動物吻合の実験的研究

(主査)
論文審査委員 教授 森昌造 教授 折笠精一
教授 毛利平

論 文 内 容 要 旨

低出力炭酸ガス・レーザーを用いた容易・安全・確実・迅速な細小動物吻合法の条件を確立する目的で以下の実験を行なった。

使用したレーザー装置は炭酸ガスレーザー (LMC-101, アロカ, 東京) で波長は $10.6 \mu\text{m}$, 焦点における光直径は $100 \mu\text{m}$, 焦点距離 5.0 cm である。出力が $1 \sim 60 \text{ mW}$ と小さくこの間で任意の出力を設定できることと, 可視光であるヘリウム・ネオン・レーザー (波長 $0.63 \mu\text{m}$, 出力 0.5 mW) をガイド光として焦点位置を目で確認できるようにしたことを特徴とする。対象動物はモルモットと家兎で, 実験は sodium pentobarbital を家兎は静脈内に, モルモットは腹腔内投与の麻酔下で行ない周囲組織より剥離した総頸動脈を用いた。

吻合実験は, 110例のレーザーを用いた吻合 (レーザー法) と25例の従来の microsurgery 血管吻合法 (手縫法) を行ない比較検討した。レーザー法は, 2個のクリップを用いて総頸動脈の血流を遮断し, クリップ間を切断, 顕微鏡下で9-0あるいは10-0モノフィラメント・ナイロン糸を用いて端々吻合の要領で両血管断端に支持糸をかけ結紮して断端を寄せ合わせ, 隣接する2本の支持糸を相反する方向に引き, 血管端を密着させ接合部にレーザーを照射した。照射中は手動的に支持糸を動かすことで接合部全体にレーザーを照射した。レーザー出力は $20 \sim 50 \text{ mW}$ の出力, 出力密度で $1.2 \sim 3.6 \text{ Joule/mm}^2$ とした。吻合直後の接合部離開, 血栓形成, 血流の有無を肉眼的に観察し, 結果を開存, 離開, 血栓形成の3種にわけて評価し, また開存例のうち52例で術後1週, 3週, 3月, 12月に吻合部を観察した。またレーザー法と手縫法の吻合に要する時間を比較するため, 両グループ各々5例で吻合操作開始より血流再開までと, 止血確認までの時間を測定した。また吻合部直径を測定し成長による変化を比較した。次に吻合部の強度を探るため, 吻合後1時間, 3・7・14・21日に吻合部中枢側・末梢側をそれぞれ結紮し血管内に一定速度で生理食塩水を注入して加圧すると同時に圧測定を行なって吻合部の最大耐圧能をみた。

以上の実験結果は, レーザー法で直径 $0.8 \sim 1.2 \text{ mm}$ の血管では $1.5 \sim 2.2 \text{ Joule/mm}^2$ で吻合した23例中21例 (91%), $1.8 \sim 2.2 \text{ mm}$ では $1.8 \sim 2.5 \text{ Joule/mm}^2$ で吻合した36例中29例 (81%) で血流再開後, 吻合部の血栓形成や離開もなく吻合が成功した。そこでこの出力密度範囲を至適レーザー出力とした。長期観察の結果は, 閉塞・狭窄例をレーザー法に10例 (19%), 手縫法に6例 (30%) を認めた。動脈瘤様の吻合部径の増大をレーザー法で3本の支持糸で吻合した3例に認めた。光頭的観察では, 手縫法で縫合糸による損傷から中膜が壊死に陥ったものを認めた。観察経過中体重が1.6倍に成長した家兎の吻合部血管径は, レーザー法 $121 \pm 15\%$ ($M \pm SD$), 手縫法 $106 \pm 8\%$ の増加率であった ($p < 0.05$)。吻合操作時間はレーザー法で13分7秒 \pm 2分

28 秒 (M±SD), 止血時間確認時間も含めて 15 分 23 秒±2 分 45 秒であった。手縫法はそれぞれ 24 分 32 秒±3 分 15 秒, 26 分 10 秒±2 分 58 秒であった。レーザー法は全例, すべての操作を 20 分以内で完了した。耐圧実験の結果は, レーザー法, 手縫法とも 1 時間後の耐圧能がもともと小さく 7 日目まで漸次増加した。1 時間後の 3 支持糸だけのレーザー法は, 240 mmHg と 4・5 支持糸に比し有意に低値を示し ($p < 0.01$), また 3 日後のレーザー法と手縫法間にも差を認めた。3 支持糸が 4・5 支持糸に比べ有意に耐圧能が低く支持糸が耐圧能維持に重要であることが判明した。

以上の実験結果から

1) CO₂レーザーを用いた細小動物吻合のレーザー出力至適条件は, 血管径に依存し 0.8~1.2 mm では 1.5~2.2 Joule/mm², 1.8~2.2 mm では 1.8~2.5 Joule/mm²であった。また吻合操作時だけでなく, 血流再開後の内圧に抗するためにも, 適切な数の支持糸が必要であった。

2) レーザー法は手縫法に比し使用する縫合糸が少ないため炎症反応, 組織壊死範囲が小さく, またコンプライアンスの点でも優れこのことから術後長期にわたり吻合部狭窄の発生が少ないと思われた。またこのことは特に乳児や幼児の血管吻合に本法が適していることを示唆する。

3) レーザー法は手縫法に比べ操作時間を 1/2~2/3 に短縮する。

4) 以上よりレーザー法は手縫法に比較し多くの長所を有し至適出力条件と適切な支持糸をかけることで容易・確実・迅速な細小血管吻合法になりえると結論した。

審査結果の要旨

細小血管の再建は、脳血管障害、冠血管障害をはじめとして、外科学の広い領域において、重要な技術である。近年micro-surgeryにより、各種疾患、組織、臓器の再建に不可欠の方法となってきたが、技術面の習得に多くの努力を必要とし、なお優れた技術をもってしても100%満足できるものとなっていない。

本研究は、容易にかつ安全、確実、そして迅速な細小血管再建を確立するため、近年、医学応用面でめざましい進歩を遂げているレーザーをもちいた細小動脈吻合法の条件に関する研究をしたものである。

その結果、波長10.6 μm 、焦点における光直径100 μm の炭酸ガスレーザーを使用した場合、直径0.8~1.2mmの血管では1.5~2.2 Joule/mm²で吻合した23例中21例(91%)および1.8~2.2mmでは1.8~2.5 Joule/mm²で吻合した36例中29例(81%)で血流再開後、吻合部の血栓形成や離開もなく成功し、この出力密度を至適レーザー出力としている。長期観察を行ない、レーザー法と手縫法とを比較し、閉塞・狭窄例をレーザー法10例(19%)、手縫法6例(30%)に認め、また動脈瘤様の吻合部径の増大をレーザー法で3例認めたが、これは補強支持糸の数が少ないためとしている。光顕的観察ではレーザー法が優れた損傷治癒を示しているが手縫法では縫合糸による損傷、中膜の壊死等があることを指摘している。成長に伴う吻合部血管径の大きさはレーザー法で121%増と順調であるのに手縫法では106%増と成長に伴い吻合部血管径が小さく留まることを指摘している。耐圧実験も行ない、補強支持糸の必要性を述べている。また吻合操作時間はレーザー法で13分、手縫法で24分でレーザー法では全例20分以内で完了している。

以上の結果から、レーザー法は手縫法に比較して多くの長所を有し、至適出力条件と適切な支持糸をかけることで、容易・確実・迅速な細小血管吻合法になりえると結論している。

本研究におけるレーザー血管吻合法は補助として支持糸を必要とし、支持糸間の密着した血管壁に対し、レーザー照射を行ない、血管壁の構成成分を融解し、生体糊の働きを生体内高分子に委ね、その結果として血管が接着されるというきわめて独創的な考えのもとになされている。その結果、使用する縫合糸を少なくし炎症反応や組織壊死範囲を小さくし、きわめて順当な創傷治癒過程をとらせることで、コンプライアンス等に影響の少ない方法で、血行再建の術後長期にわたるきわめてよい成績の期待できる方法を示したものである。これは乳幼児の血行再建等にも光明をもたらすとともに、広く外科の領域に応用される研究で、今後の発展が期待される分野をきり拓いたものである。よって本研究は学位授与に価するものである。