特集 各種外科領域における 再 建 手 術 の 進 歩

順天堂医学 37 (3)
P. 333~355 (1991)

形成外科領域におけるマイクロサージャリー

を利用した再建手術**

Microvascular tissue transfers in plastic surgery

梁 井 皎*

AKIRA YANAI, M. D.

マイクロサージャリーの発展によって、各外科領域における再建手術の幅が広がりつつある。形成外科学は、従来より体表の再建手術を専門領域のひとつとしてきたが、最近のマイクロサージャリーの発展とともに、形成外科領域における再建手術の進歩にも目を見張るものがある。マイクロサージャリーによる再建が可能になったことにより、従来の方法では再建できなかったような組織欠損をも修復することができるようになった。その結果、皮膚悪性腫瘍に限らず、諸外科領域で扱われる各種悪性腫瘍の摘出も広範囲に行うことが可能となり、悪性腫瘍に対する治療結果も格段に良好になっている。

本稿では、マイクロサージャリーを利用した再建手術の原理と、現在、形成外科領域において行われているマイクロサージャリーを利用した再建術について述べる。

なお、頭蓋底の再建および舌口腔底部の再建の詳細については、本特集の別項に述べられているので割愛した。

索引用語：再建，マイクロサージャリー，微小血管吻合，微小神経縫合，再接着

Key words : reconstruction, microsurgery, microvascular anastomosis,
microneurorrhaphy, replantation

はじめに

“Microsurgery”を日本語に訳すと“微小外科”であるが、通常はマイクロサージャリーあるいは略してマイクロと、片仮名でそのまま用いられることが多い。“マイクロサージャリーによる手術”は、手術用顕微鏡下に術野を拡大して微細な手術操作を行う外科を総称したものである。

その歴史は古く、1920年代耳鼻科医 Holmgren

ら¹⁾によって初めて行われ、その後、手術用顕微鏡自体の改良もあって、耳鼻咽喉科領域のみならず、眼科・脳神経外科・形成外科・整形外科などの広い領域で行われるようになった。

形成外科領域以外におけるマイクロサージャリーでは、単に手術用顕微鏡下での微細な剥離操作を目的とすることが多いのに対して、形成外科領域におけるマイクロサージャリーに特徴的なのは、微小血管吻合 (microvascular anastomosis) や、微小神経縫合 (microneurorrhaphy) を用いることが多い点である。これは手術用顕微鏡の使用によって、直径1 mm前後の微小血管や、細い末梢神経でも確実に吻合および縫合が可能になったためである。これらの技術を利用して、1970年代より種々の組織移植が行われるようになり²⁾³⁾、形成

* 順天堂大学医学部形成外科研究室助教授
Associate professor in the Department of
Plastic Surgery, Juntendo University School
of Medicine, Tokyo, Japan

** 第257回順天堂医学会学術集会〔May 16, 1991 開催〕
〔July 12, 1991 原稿受領〕

外科におけるマイクロサージャリーを利用した再建手術は組織移植術を中心にめざましい発展を遂げつつある。本稿では、形成外科領域におけるマイクロサージャリーを利用した再建手術について、その原理と方法につき述べ、最後に外科領域の組織移植術に関する実験応用について触れてみたい。

マイクロサージャリーの基本手技と器具

通常、われわれがマイクロサージャリーの手術の際に準備する器具は以下の通りである。

1. 手術用顕微鏡 (operative microscope)

手術用双眼顕微鏡は、外国製・日本製各種販売されているが、いずれにしても倍率をズーミングでき、フットスイッチの操作で焦点の調節や倍率に変換できるものが望ましい。

外国製では Zeiss 社製のものが解像力が優れ、焦点深度も深く使いやすく特にコントラスト装置を備えた機種を著者は好んで用いている。日本製のものも各社から販売されており、Zeiss 社製のものに比して安価であるが、解像力・視野の明るさ・使い易さの点で、いまひとつ及ばないようである (図-1)。また、形成外科で用いられている手術用顕微鏡の対物レンズの焦点距離は比較的短い200 mmのものが使い易い。

2. その他の基本器具 (図-2)

A. マイクロ用ピンセット (jeweller's forceps)

マイクロ用ピンセットとしては、時計修理用のピンセットを当初は用いていたが、近年ではより精巧なものとして医療用器具として改良が行われている。Dumont 社製のものが各種市販されている。最近ではマイクロサージャリー用に各社が工夫をこらして販売している。著者らは剥離用として Dumont 2号のピンセットを、また更に細かい操作、特に微小血管吻合時の糸結びなどの際には5号のピンセットを用いている。なおマイクロ用ピンセットの先は、ちょっとしたことで容易に損傷されるので、手術に際しては常に数本のものを準備しておくことが肝要である。また、マイクロ用ピンセットは一旦先が傷むと修理

図-1 手術用顕微鏡 (Zeiss 社製) 使用の実際

図-2 マイクロサージャリー用基準セット

a: マイクロ用持針器 (ロックが付いたもの). b: マイクロ用ピンセット. c: マイクロ剪刀 (直と曲). d: マイクロ用剥離子 (直と曲). e: 血管用クリップ

は難しく、なかば使い捨ての形で用いることになる。

マイクロ用ピンセットとは別にアドソン形ピンセットを小型にした血管用ピンセットを著者は愛用している。

B. マイクロ用剪刀 (spring-handled scissors)

通常は直剪刀と曲剪刀の2種類のものを用意している。著者らは、神経・血管を鋭利に切断するときには直剪刀を用い、それ以外のおり、たとえば縫合糸を切るときなどには曲剪刀を用いている。マイクロ用剪刀に限らず剪刀はよく切れることが

必須条件であるが、特にマイクロ用剪刀は刃が傷つき易いために、上記のような使い分けをして、血管および神経の切断時には必ず鋭利に切れる剪刀が準備されるように配慮している。

C. マイクロ用持針器 (spring-handled needle holder)

血管吻合・神経縫合などの際には、マイクロ用持針器が必要である。マイクロ用持針器は柄の部分にロック (留め) の付いたものと、ロックのないものと2種類がある。どちらを選ぶかは、術者の好み・慣れによるところである。著者はマイクロサージャリーをはじめた当初の5年ほどはロックの付いたものを用いていたが、最近ではロックなしのものを好んで用いている。

D. 血管用クリップ (microvascular clips)

マイクロサージャリーに用いられる血管用クリップは脳動脈瘤用クリップで代用することができるが、最近ではマイクロサージャリー用の、それも動脈用・静脈用とに分けて各種クリップが市販されている。特に動脈用としてスリッパアウトしないような工夫が施されたものが使い易い。なお、20年以上前から脳動脈瘤用として用いられているハイツ・クリップは、現在でも血管用クリップとして用い得るが、動脈硬化を起こした血管ではスリッパアウトし易く、今から思うと、当時の脳動脈瘤手術でも術後にクリップがスリッパアウトすることも多かったのではないかと想像される。また最近では、ディスプレイの血管用クリップでスリッパアウトしにくいものも市販されている。しかしディスプレイのクリップの欠点として、クリップの重さが軽いために血管の裏面を縫合する際に血管を反転しづらいことがある。

また、血管用クリップとして二連クリップ (double clip) があり、これを用いると血管吻合が楽である。しかし、切断指再接着時などのように血管断端部が短い場合や、吻合すべき血管の位置によっては二連クリップを用いることができない臨床の場面に出くわすことも多く、その場合に二連クリップしか用いたことのない術者だと良好な血管吻合

を行うことができない。従って、著者は通常の血管吻合において二連クリップの使用を初心者にはすすめておらず、著者自身も使用していない。

E. マイクロ用剥離子 (micro-dissector)

著者らはモスキート鉗子の先を細目にして、内側の目の部分をつぶした形の剥離子を多用している。直剥離子と曲剥離子を用意しているが曲剥離子の方を使うことが多い。

通常、以上A.~E. までの器具をひとつのセットとして、消毒容器にいれて持ち運びができるようにしている。

F. 縫合糸

著者は1mm前後の血管吻合、および神経縫合にはatraumatic needle付き10/0 monofilament nylon (縫合糸20~25 μ , 針70~100 μ)を用いている。縫合糸も各社から市販されているが、術者の好みによって使い分けられているようである。なお、著者はS&T社の10V43を用いている。吻合血管が太い場合には、吻合血管の太さに合わせて9/0ないし8/0縫合糸が用いられる。なお、血管吻合では一本の縫合糸で1~2本の血管吻合ができるが、神経縫合にあたっては針先の鋭利さと神経組織の挫滅を考慮して、血管吻合に引き続いて神経縫合をする場合には、すでに用いた縫合糸は捨てて新しい縫合糸 (針) に取りかえている。

3. 基本手技

マイクロサージャリーの基本手技を身につける際に重要なことは、先ず臨床にあたりつつ基本技術を身につけるのではなく、予め動物実験などを行って、その基本手技に熟達することである。

基本手技の第一は、手術用顕微鏡になれることで練習用の顕微鏡も市販されている (図-3)。

基本手技としては、A. 剥離操作 B. 血管吻合および神経縫合に分けることができる。

A. 顕微鏡下の剥離操作はマイクロサージャリーの基本である。手術用顕微鏡下に術野を拡大すると、より正確な剥離操作が可能となるのは当然である。一般に剥離操作は、ある程度の広さの術野が必要なため、低倍率下で行われることが多い。実際、小児外科・胸部外科・整形外科領域に

図-3 マイクロサージャリー基本手技取得のための練習

おけるマイクロサージャリーでは手術用顕微鏡を用いずに、2～3倍の眼鏡式ルーペを用いた手術を行って十分に目的を達し、その手術をマイクロサージャリー手術と称していることもあるようである。いずれにしても手術用顕微鏡下の剥離には時間がかかり易いので、手術用顕微鏡の使用は一連の手術の中でポイントをしぼって最小限度とすべきである。

剥離操作における基本手技は、一言でいえば“マイクロに慣れる”ということである。

B. 吻合および縫合の操作

著者の施設で行っているマイクロサージャリー研修カリキュラムは、表-1のごとくである。練習時間として、午前あるいは午後の3時間を1単位として、標準的には週3回の練習日をとるとして、このカリキュラムを終了するのに約4カ月を要する。表のなかで＜検定＞とあるのは、指導医による実地の指導およびチェックを意味し、練習進度に合わせて行い、合計9回の指導を標準として各検定を通過した後、初めて次の教程に進むようにしている⁴⁾⁵⁾。その詳細については引用文献を参照されたい。

さて次に血管吻合を例にとりて、その基本手技について簡単に述べてみたい⁴⁾⁷⁾ (図4, 5)。血管吻合時の要点は先ず血管断端を時計の文字板に見立てたとき、先ず12時と6時の方向に stay suture をかけることである。実際には結果的に1時と5時の方向に針糸がかかり、裏側の縫合数が

練習進度	教程	内 容	検定
A. 練習開始	I (1単位)	正しい手の動きと square knot の作成 1. instrument tie の方法 2. 丹下式持針器を用いて布を縫う。 3. ゴム風船を針つき7/0 ナイロン糸で縫う。	☆1
B. 顕微鏡の操作とマイクロ器具の使用法	II (1単位)	手術用顕微鏡の扱い方とマイクロ器具使用法 1. 接眼レンズの調整 2. フット・ズイッチの扱い方 3. 拡大視野下での練習 4. 各種器具の扱い方	
C. 手術用顕微鏡下での縫合法の練習	III (4単位)	シリコン・シートを用いての縫合練習 1. 縫合糸の扱い方 2. 持針器の扱い方 3. ピンセットを用いた instrument tie 4. 均等の間隔での縫合 5. 結んだ糸の両端が縫合線と直行する シリコン・チューブを用いての吻合練習	☆2 ☆3
D. 血管吻合法の練習	IV (8単位)	ラット保存食道及び保存血管を用いた吻合法の練習 1. 針のかけ方 2. bite の大きさ 3. 針をかける順序 4. ピンセットの扱い方	☆4
生きたラットを用いた練習	V (1単位)	ラットの扱い方と麻酔法。	
E. 頸動脈端々吻合	VI (4単位)	総頸動脈の露出と血管吻合バイポーラー凝固の方法 頸動脈の吻合練習	☆5
F. 大腿動脈の端々吻合	VII (4単位)	(省略)	☆6
G. 大腿静脈の端々吻合	VIII (8単位)		☆7
H. 端側吻合	IX (8単位)		☆8
I. 組織移植	X (8単位)		☆9

表-1 われわれの施設のマイクロサージャリー-トレーニングカリキュラム [文献(4)より引用]

表側の縫合数よりも多くなり易い⁶⁾⁷⁾。Stay suture 後の縫合については、stay suture をおいた部分に近い位置から交互に縫合するのがよい。血管吻合に際しては、内腔を十分に確認して血管内腔に

図-4 縫合糸の結紮の作り方 [文献(6)(7)より引用]
2本のピンセットで square knot を作る.途中で左右のピンセットが交差する.

図-5 微小血管吻合法の手順 [文献(6)(7)より引用]
2本の stay suture (固定縫合) は surgical knot にし,残りは通常の square knot で行う.

ピンセットの先を十分にいれる必要があるためにこのような配慮が必要となる。血管の表側の縫合を終了したら裏側の縫合に移るが、裏側の縫合前に血管表側の縫合が十分に、すなわち等間隔にまた縫合部の反対側の血管内膜を引っかけた状態にないことを、裏側血管断端部より確かめる必要が

ある。裏側の縫合は表側の縫合と全く同様である。細かな操作・コツについては引用文献を参照されたい。

マイクロサージャリーによる再建手術の原理

マイクロサージャリーによる再建手術には、前述した如く、微細な組織剥離操作あるいは十分に明るい術野を得ることを目的とする場合と、遊離組織移植術を行う場合とがある。

微細な剥離操作と十分な術野・視野を得ることを目的とする場合のよい例は、各種神経麻痺に対して微細な神経剥離を必要とする場合、眼窩底骨折などのように深い部分の術野を明るくして、操作をし易くする必要のある場合などである。手術用顕微鏡下の剥離操作が十分に出来ることはマイクロサージャリーの最も基本であるが、形成外科領域におけるマイクロサージャリーでは微細な剥離操作に加えて、遊離組織移植のためにマイクロサージャリーによる細かい高度の手技が用いられる。

1. 遊離組織移植術の原理

マイクロサージャリーの手技を用いた遊離組織移植の理論は、一言でいえば、「動静脈をつけたままで組織を採取し、その組織を別の場所に移動し、移植組織の動静脈と移植床部 (recipient site) の動静脈とをそれぞれ吻合することによって、移植組織の血行を再開し、移植組織を生着させて移植の目的を達するもの」である。図-6は前腕部から皮膚、および皮下脂肪組織を橈骨動静脈付きで採取し、橈骨動静脈を頸部の顔面動静脈と吻合することによって、骨および軟骨が露出した鼻背部組織欠損を修復したものを示している。

以上のような原理より、遊離組織移植術においては少なくとも以下の2点が満たされることが必要である。

A. 遊離組織移植を行うべき部位、すなわち移植床 (recipient site) に血管吻合が可能な、十分な太さの動静脈が存在することと、

B. 組織採取部 (donor site) に関しても、遊離された組織全体を栄養すると同時に、血管吻合

図-6 前腕皮弁による鼻背部(骨軟骨露出部)の再建を例としたマイクロサージャリーによる遊離組織移植術の原理

前腕皮弁(A)の栄養血管(B)は橈骨動静脈で、移植部の血管としては顔面動静脈が用いられ、動脈-動脈、静脈-静脈の吻合が行われて顔面動脈→橈骨動脈→皮弁の毛細血管→橈骨静脈→顔面静脈と血液が流れて皮弁が生着する。

が確実に行われる程度の太さの栄養動静脈(血管柄あるいは血管茎)が存在することである。

マイクロサージャリーによる血管吻合が可能な血管の太さは、0.5mm以上のものであるが、通常は1~2mm程度の血管を吻合できるような手術計画がたてられる。また、上記の動静脈を選択する場合に大切なのは、移植組織の栄養動静脈と移植床部の動静脈との間に血管径の差ができるだけ少ないように計画することである。すなわち、血管は太ければ太いほど良いというものではなく、一方の血管が細い場合には、その細い血管に吻合すべき血管は太すぎない方がよい。

遊離組織の栄養血管と移植床部の血管との間の吻合は、通常、動静脈それぞれ1本ずつ、すなわち2カ所について行われる。

2. 遊離組織移植術の成功率

マイクロサージャリーによる組織移植術が始まった当初は、移植手術の成功率も当然ながら必ずしも高くはなかった。しかし各種手術用顕微鏡が改良され、また後述するように、各種移植組織の選択が可能となった現在では、遊離組織移植術の成功率は95%以上となっている。

遊離組織移植術を成功させる要素として

- A. 移植組織の血行を損なうことなく採取すること。
- B. 移植組織の血管径に見合った太さの血管を移植床部に得ること。
- C. 血管吻合時に吻合血管に過度の緊張がかからないこと。
- D. 血管吻合の技術がよいこと。
- E. 動脈硬化が少ないこと。
- F. 術後に、血管吻合部および血管茎付近に血腫などによる過度の圧迫がかからないようにすること。

などを挙げることができる。

また、移植床部の血流の関係から下腿の組織欠損の修復で術後トラブルを生ずる率が高い。

A.~F.をまとめると、「血管撮影などの検査を十分に行って、万全の計画をたてて、高度の技術をもって手術にあたること」が組織移植術成功の条件である。

マイクロサージャリーによる組織移植術の後、移植した組織の血行が十分か否かを知る方法として、今までにいろいろと報告されているが^{8)~15)}、ドップラー血流計によるものが信頼性が高い。また、最近ではレーザードップラー血流計も試用されているが、いまひとつ皮弁の確実な血行判定とはならないようである^{16)~25)}。

移植組織の種類

マイクロサージャリーの手技を用いて行われる遊離組織移植では、移植組織全体を栄養し得る栄養動静脈(血管茎)が存在し、かつ、その血管の確実な吻合に必要な直径1mm前後以上の太さの径を有していることが不可欠である。

遊離移植組織は、その中に含まれる組織成分によって表-1のように分類される。

マイクロサージャリーの手技を用いて遊離組織移植を行おうとする場合、どのタイプの遊離組織を選び、また、その組織を採取する場所(donor site)をどこに選ぶかは、その再建目的と移植床部(recipient site)の状態によって決定される。また患者が女性の場合には、移植組織採取部の瘢痕が

図-7 代表的な遊離移植組織の血行形態〔文献(46)より引用〕 a) 遊離皮弁 b) 遊離筋皮弁

表-2 マイクロサージャリーによる遊離組織移植術に用いられる血管柄付き移植組織

- (A) 遊離皮弁
- (B) 遊離筋皮弁
- (C) 遊離筋肉弁(運動神経付き)
- (D) 遊離筋肉弁(運動神経無し)
- (E) 遊離骨移植(血管柄付き)
- (F) 遊離骨付き皮弁
- (G) 遊離骨付き筋皮弁
- (H) 血管柄付き神経
- (I) 遊離大網
- (J) 遊離腸管
- (K) 遊離足趾
- (L) その他

表-3 遊離皮弁の種類

- (A) 遊離頭皮皮弁
- (B) 遊離胸三角皮弁
- (C) 遊離鼠径皮弁
- (D) 遊離足背皮弁
- (E) 遊離肩甲皮弁
- (F) 遊離前腕皮弁
- (G) 遊離伏在皮弁
- (H) 遊離腓骨部皮弁
- (I) その他

表-4 遊離筋皮弁の種類

- (A) 遊離広背筋皮弁
- (B) 遊離前鋸筋皮弁
- (C) 遊離腹直筋皮弁
- (D) 遊離薄筋皮弁
- (E) 遊離大腿筋膜張筋皮弁
- (F) 遊離大腿直筋皮弁
- (G) その他

極力目立たない場所となるような配慮が行われるのは当然である。マイクロサージャリーで用いられる移植組織のうち最も多いのは、遊離皮弁および遊離筋皮弁で、図-7のごとく血行形態を示し、その種類は表-2, 3, 4のごとくである。遊離皮弁および遊離筋皮弁として用いられる場合の最近の傾向は、筋皮弁としては大きな組織欠損に対する修復に、太い栄養血管を有し、血行が比較的豊富な広背筋皮弁・腹直筋皮弁が多用され^{26)~32)}、また皮弁としては、前腕皮弁・肩甲皮弁や腓骨部皮弁などが多く用いられている^{33)~41)}。鼠径皮弁は、マイクロサージャリーによる遊離組織移植術が行われた当初より用いられている代表的な皮弁であるが^{34)~44)}、血管茎の解剖学的変位が多く、また血管茎自体が細かくかつ短いという欠点があり、最近では他の皮弁にとって代わられつつある^{46)~48)}。

遊離筋肉弁移植を行う場合、欠損部充填用組織としてのみに筋肉が用いられるために、運動神経の縫合を要しない場合もあるが、当該筋肉の運動神経を移植床部の運動神経と縫合することによって、機能的再建がはかられる手術が行われることも少なくない^{11)49)~56)}。

遊離皮弁手術・遊離筋皮弁手術・遊離筋肉弁手術の他に、遊離腸管移植術・血管茎付き遊離骨移植術など、一般外科・耳鼻咽喉科・整形外科・皮膚科・脳神経科外科領域などの、各科の外科的治療の一環として必要な手術があり、順天堂医院では、兼科の制度のもとにそれぞれの科と形成外科とが協力しあって手術を行っている〔用語の問題として、マイクロサージャリーによる骨移植術は、整形外科で通常行われている骨移植術と区別して、血管茎付き(遊離)骨移植術と、あえて<血管茎付き>という言葉を用いられることが多い〕。

対象疾患と手術における諸注意

1. 対象疾患

昭和61年4月から平成3年6月末までの5年2カ月の間に、当教室ならびに関連施設において行ったマイクロサージャリーによる遊離組織移植術は

表-5 当教室ならびに関連施設において行ったマイクロサージャリーによる遊離組織移植術（疾患別分類）（1986. 4～1991. 6）

疾 患 名	症例数
顔 面 変 形	2
頭頸部悪性腫瘍（1次）	24
（2次）	2
頭頸部良性腫瘍及び潰瘍	4
頭 蓋 底 部 腫 瘍	4
頸 部 瘻 痕 拘 縮	1
軀 幹 部 潰 瘍	1
指 欠 損	0
難 治 性 下 腿 潰 瘍	6
下 腿 骨 髄 炎	8
四 肢 瘻 痕 拘 縮	2
そ の 他	5
合 計	59

表-6 当教室ならびに関連施設において行ったマイクロサージャリーによる遊離組織移植術（遊離組織別分類）（1986. 4～1991. 6）

遊 離 移 植 組 織		症例数
皮 弁	鼠 径 皮 弁	4
	肩 甲 皮 弁	1
	前 腕 皮 弁	20
	そ の 他	0
筋 皮 弁	広 背 筋 皮 弁	9
	腹 直 筋 皮 弁	14
	そ の 他	0
筋 肉 弁	広背筋（肉）弁	1
	腹直筋（肉）弁	1
	そ の 他	0
骨（皮弁あるいは筋皮弁と同時に移植したものを含む）		9
足 趾		0
空 腸		1
そ の 他		1
合 計		61

59症例61移植組織で、その内訳は表-5、6のごとくである。症例数よりも遊離組織数が2ヶ多いのは、下顎骨悪性腫瘍に対する一次再建手術に前腕皮弁と骨付き肩甲皮弁を用いた1例と、下腿部難治性潰瘍に対して遊離腹直筋皮弁の血流再開が得られず、翌々日に再度広背筋皮弁移植を行った

1例があるためである。遊離移植組織が全壊死に陥ったのは59症例のうち上記1例で、部分壊死を来したものは4症例である。全壊死を来した症例は他院で行った症例で、第一回目の手術の後に緊急再手術を行える体制が整わなかったためである。部分壊死を来した4症例のうち、3症例は下腿部の再建手術症例で、他の1例は血管茎を顔面皮下トンネルを通す折りに、血管茎に損傷が加わったためと思われるものである。従って、ここ5年間のマイクロサージャリーによる組織移植術の成功率は、完全壊死例1例を不成功とすれば98%以上である。また、部分壊死も小範囲のものなら再手術を行う必要はないが、われわれの4症例は、いずれも数週後に分層植皮手術を施行している。従って、部分壊死の症例を trouble case として扱うと成功率は約92%となる。

2. 手術における諸注意

手術において最も大切なのは、前述した如く術前に綿密な手術計画をたてることである。移植床部の状態、移植床の血管径などを確かめて、予め計画した移植組織で十分な手術が可能かどうかを確認する必要がある。マイクロサージャリーの術後の trouble として、最も困るのは移植組織の全壊死である。移植用の遊離組織を慎重に、必要な血管を損傷することなく挙上することが先ず大切であるが、血管吻合が良好に行われなときには必ず悪い結果を生じると考えるべきである。血管吻合を行う手術は、形成外科における遊離組織移植術以外にも、いわゆる〈血管外科〉の中で行われるが、マイクロサージャリーを利用した遊離組織移植術において扱う血管径は1mm前後で、血管吻合の巧拙がそのまま手術結果として現れる。また血管吻合が非常に良好に行われたとしても動脈硬化のために内膜が中膜から剥離している場合などでは血栓を形成し易い。血栓を生じた場合には直ちに再吻合を行う必要がある。下肢の手術では非常に上手に血管吻合を行ったつもりでも血栓形成を来することがあり、著者の経験でも、一本の動脈について8回の再吻合を行わざるを得なかったことがある。従って、マイクロサージャリーの

手術を行うにあたっては、吻合技術にかなり熟達しておくことが大切で、血管吻合をやっとこさ行った後、実際には再吻合が必要な状態であるにも拘らず、もはや集中力を失って、そのまま術後経過を見るというのでは手術を行う資格がない。血管吻合後、吻合部に血栓を形成しそうな感じがしたり、吻合部での血流がいまひとつスッキリしない場合には、躊躇なく再吻合を行うだけの時間的・技術的な余裕がなくはならない。すなわち、血管吻合のみに力を費やすことなく、「顕微鏡下の血管吻合は一連の手術の中の一部である」と考えられる程度の技量が術者には求められる。また、マイクロサージャリーによる血管吻合術の技術を身につけた人が、できるだけ多く手術に関与していればいほど手術の成功率は高くなる。

なお、59症例のうち全壊死の1例は土曜日に手術を行った症例であった。そのため、その後はマイクロサージャリー手術を術後の緊急再手術の可能性を考慮して、週末には行わないように心がけている。しかしその後は、幸いにして手術後に血管吻合部に血栓を形成して再手術を行った症例は1例もない。

一般的には、血管吻合後数時間して血栓形成の徴候が観察される場合が多く⁵⁾¹¹⁾⁴⁶⁾、そのような場合には術後数時間してから、再度全身麻酔を行って、再手術を行わなければならない。著者もかつて、手術終了後数時間後に再手術を行った症例をいくつか経験しているが、その都度各症例について振り返ってみると、手術終了直後に麻酔からさめる間に、「移植組織の血行にやや問題があるのではないか」と思われた症例がほとんどである。従って、最近では遊離組織を移植床部に移動した後、できるだけ早めに血管吻合に移り、その後に組織採取部の縫合、皮弁の縫着を行うようにしている。そのような配慮を行うことによって、手術終了時には血管吻合、ある程度の時間がたっているので皮弁の血行不全を見つけ易い。

血管吻合後、皮弁の血行を調べる方法としては、皮弁に直接注射針を刺して、その針穴からの出血の状態を確かめるのが最も確実である (pin prick

test)。吻合動脈が閉塞している場合には針穴から出血はみられず、吻合静脈が閉塞している場合には針穴から直ちに出血がみられ、多くはやや黒っぽい出血となる。動静脈ともに良好な血流が得られている場合には、針で刺した後2~3秒してから赤い動脈血の出血がみられる。

術後、病棟に戻ってからの皮弁の経時的な血行判定については、ドップラー血流計による方法が最も信頼できる²⁵⁾。ドップラー血流計による血行判定の他に、通常、著者は術後4時間ほどで一度チェックし、翌朝およびその午後に再度チェックした後は毎朝一度観察している。血栓形成の徴候が皮弁にみられたときには、直ちに再手術を行って吻合部で開創し、血栓除去術を行うが、再手術は血栓形成後できるだけ早期に行うほど、よりよい結果が得られるのは当然である。なお、血管茎付き遊離骨移植などのように皮膚成分がついていない場合には、ドップラー血流計などにのみ頼らざるを得ない。

マイクロサージャリーによる移植組織の生着率は高く、マイクロサージャリーは、現在では確立された安全な手術手技といて差し支えないが、マイクロサージャリーに限らず、どのような手術でもよい結果を得るためには、その手術手技に熟達しておくことが先ず第一である。数年前に「簡単に行えるレーザーによる血管吻合法」が注目を浴びたが、実際の臨床例にあたってはレーザーが使えない症例が多く、そのような場合に血管吻合に熟達していないと、その手術はお手上げの状態となってしまうため、未だレーザーによる血管吻合は臨床応用される状態にはなっていない。

遊離組織移植手術の実際

遊離組織移植手術はその対象範囲が広く、また、用いられる遊離組織の種類も多いため、ここで遊離組織移植手術手技の全てを具体的に述べることは不可能である。従って、代表的な遊離移植組織を用いた手術について以下に記述する。

a) 術前の状態.

b) 創部を Debridement し, 移植床部の血管として足背動静脈を露出した状態.

c) 鼠径皮弁の作図.

d) 鼠径皮弁の挙上(矢印は皮弁の栄養動静脈を示す: 径約1mm).

e) 血管吻合終了後, 皮弁を縫着した状態.

f) 第一回手術後5カ月目に defatting を行い, その後更に5カ月を経過した状態.

図-8 症例1. 足背部挫滅創

1. 遊離皮弁移植術

遊離皮弁による手術は、移植床部の状態が複雑な形をしている場合や比較的薄い組織で再建した方がよい場合などに適している。前腕皮弁による口腔底再建、頭蓋底部組織欠損のように複雑な形態をした部分の再建などがそのよい適応である。

症例1. 24歳 女性、足背部挫減創 (図-8)。

交通事故にて左足背部に挫創を受けた。受傷直後に創の縫合処置を受けたが、その後皮膚および軟骨組織は壊死に陥り、受傷後約3週目に遊離鼠径皮弁による再建手術を行った。術前の足背部には伸筋腱の露出がみられ、通常の植皮手術では満足な結果が得られそうになかった。皮弁の栄養動静脈としては浅腸骨動静脈を、また、移植床部の動静脈として足背動静脈を用いた。手術直後に皮弁の血行不全を来したが、麻酔が覚める前に再度創を開き、動脈の再吻合を行って良好な結果を得た。術後約5カ月目に皮下の脂肪切除術 (defatting) を行っている。

症例2. 26歳 女性、顔面半側萎縮症 (図-9)。

出生直後は特に顔面変形はみられなかったが、9歳頃から下顎部から頬部にかけて左顔面の萎縮がみられるようになり徐々に進行した。Rhomberg 病の診断のもとに軟部組織による左側豊頬術を計画した。移植床部の血管としては浅側頭動静脈を用い、移植組織として鼠径皮弁を用いた。鼠径皮弁は頬部皮下に埋入するために、皮膚成分を剝離除去して真皮、および脂肪組織とした後に皮膚に埋入した。移植手術に際して顔面にできるだけ切開を加えることなく、耳前部

および有毛部の切開のみによって手術を行った。術後約2週間ほどは移植部の腫脹が激しくみられたが、その後徐々に腫脹がとれ、その後の経過は順調であった。

症例3. 51歳 男性、口腔底癌 (図-10)。

舌正中から口腔底にかけての扁平上皮癌で、約半年前に小腫瘍に気づかれたが放置し、その後徐々に増大した。耳鼻科と兼科で手術を施行した。

a) 術前の状態。左頬部の萎縮が著明である。

c) 皮弁の皮膚成分切除の後、頬部 (点線部分) に皮弁を挿入し血管吻合を施行した。整容上の問題から皮膚切開はできるだけ目立たない位置に行っている。

b) 遊離鼠径皮弁の挙上。

d) 術後約2年目の状態。

図-9 症例2. 顔面半側萎縮症。

a) 術前の状態.

d) 手術直後の状態.

b) 腫瘍を含めた広範囲切除と下顎骨および歯牙の切除を行った状態.

e) 手術後約6カ月目の状態で、皮弁の生着は良好.

c) 採取した遊離前腕皮弁. 栄養動静脈は橈骨動静脈である.

f) 義歯の装着にも問題がない.

図-10 症例3. 口腔底癌

a) 術前の状態と切除範囲.

b) 腫瘍切除後の組織欠損部の状態.

c) 採取した遊離前腕皮弁 (血管茎の長さは約14cm).

d) 頬部皮下トンネルの作成と頰部における顔面動静脈の露出.

e) 血管吻合および皮弁縫着を行い、創を閉じた状態.

f) 術後約3年目の状態.

図-11 症例4. 顔面部基底細胞癌

a) 術前の状態.

d) 採取した遊離広背筋皮弁.

b) 腫瘍切除と移植床部栄養血管(矢印: 左浅側頭動静脈)の露出.

e) 手術直後の状態.

c) 遊離広背筋皮弁採取の作図.

f) 術後約1年目の状態で腫瘍の再発はみられていない.

図-12 症例5. 頭部悪性リンパ腫

a) 術前の状態と病巣部切除範囲.

b) 術前の瘻孔造影.

c) 病巣部搔爬と後脛骨動静脈 (矢印) の露出.

d) 手術直後の状態.

e) 術後2年目の状態

f) 手術後2年目の状態. 広背筋皮弁採取による機能障害は見られていない.

図-13 症例6. 骨髓炎を伴った下腿部難治性潰瘍.

a) 術前の状態.

b) 術前のレントゲン写真.

c) 健側下腿部より採取した皮弁と腓骨

d) 血管吻合後に腓骨を骨欠損部に充填し、プレート固定の後、皮弁で被覆する直前の状態.

e) 手術直後の状態.

f) 術後4カ月目の状態.

図-14 症例7. 外傷後脛骨癒合不全.

a) 術前の状態.

d) wrap around flap の採取.

b) 皮膚切開線の作図.

e) 手術直後の状態.

c) 遊離腸骨移植と移植床動静脈および知覚神経の露出.

f) 両手拇指再建後の状態.

図-15 症例8. 外傷性両拇指欠損〔文献(11)(45)より引用〕

舌部分切除・口腔底前方部分の切除・下顎骨部分切除、両側頸部廓清を行った。その後、上甲状腺動脈を移植床部に求め、前腕皮弁移植を行って口腔底部の組織欠損を被覆した。前腕皮弁は頸部皮下および下顎部裏側（内側）を経由して欠損部に誘導した。術後、経過は順調で化学療法を行い、術後約3カ月目に退院した。術後、2年半を経過する現在、腫瘍の再発傾向はみられず、義歯の装着により日常生活に不自由を感じていない。

症例4. 57歳 女性、基底細胞癌（図-11）。

数年前から右鼻背上部に腫瘤出現し、徐々に増大傾向を示した。生検により基底細胞癌の診断を得て根治手術を施行した。腫瘍の辺縁から約2cm離して腫瘍と、皮膚・皮下組織を一塊として摘出した。腫瘍摘出後、鼻骨および軟骨の露出がみられた。移植床部の血管として顔面動脈を選び、その結果、組織欠損部と移植床部の動脈との距離は約12cmになった。一方、左前腕部より前腕皮弁を挙上し、その茎部の長さを約14cmとやや長めに準備した。皮弁採取後、血管茎（橈骨動脈）を頬部皮下に作成したトンネルを経由して、鼻背部組織欠損部から顔面動脈走行部に誘導し、血管吻合を行った。手術後の経過は順調で、その後数カ月ごとに数回の defatting を行い、術後4年半を経過する現在、腫瘍の再発もなく整容的にも満足の行く結果が得られている。

2. 遊離筋皮弁移植術

筋皮弁による手術は、皮弁による手術と比較して欠損部が大きい場合、volume を必要とする再建などに適しているが、反面、皮弁に比して厚ぼったい組織のために細かな細工を行いにくい。しかし遊離筋皮弁移植術では、一般に皮弁手術に較べて栄養血管が太いために移植組織の採取が容易である。遊離皮弁による手術では、欠損部に丁度合うような大きさで皮弁を採取すれば良いが、遊離筋皮弁による手術では、筋皮弁の厚さを考慮して、欠損部よりもやや大きめに移植組織を採取しないと、組織欠損部を筋皮弁で十分に被覆縫合できないことがある。また、筋皮弁挙上時には筋肉と皮膚とが剥がれないような注意が必要である⁵⁷⁾⁵⁸⁾。

症例5. 50歳 男性、頭部悪性リンパ腫（図-12）。

約6カ月前から頭頂部に毛嚢炎様の病変が出現後、徐々に腫瘍状となって増大した。悪性リンパ腫の診断のもとに、腫瘍切除後の再建に引き続いて化学療法を行った。腫瘍は一部において頭蓋骨外板におよんでいたため、頭蓋骨の一部切除術を行った。生じた組織欠損の状態は直径約13cmで欠損部には頭蓋骨が露出している状態であった。遊離広背筋皮弁を採取し移植床部の動脈として浅側頭動脈を利用した。術後広背筋皮弁の生着は良好で、術後、4カ月目から義髪を装着を行い社会復帰している。この症例では大腿骨にも病変があり経過を観察しているが、術後1年を経過した時点では、特に追加治療を要する状態とはなっていない。現在、外来にて経過を観察中である。

症例6. 70歳 男性、下腿部難治性潰瘍（図-13）。

3年前に交通事故にて左下腿部に骨折を生じ、長期入院治療の後、難治性潰瘍の状態のまま退院した。当科に紹介された折りの所見では下腿下部に脛骨に至る潰瘍を形成し、瘻孔造影にて脛骨に直径約2cmの dead space を形成していた。

手術は全身麻酔下にて下腿部潰瘍を中心に瘢痕組織を切除し、脛骨 dead space の周囲の骨の Debridement を十分に行った。移植床部の血管として後脛骨動脈を準備し、欠損部よりやや大きめの広背筋皮弁を採取移植した。術後の経過は順調で、術後6年目を経過する現在日常生活に不自由を感じていない。手術前には、旅行に行っても温泉に入ることができないと訴えていた症例である。

3. 血管茎付き遊離骨移植術

骨移植術は整形外科領域で広く行われているが、皮膚の挫滅が激しい開放骨折などでは骨癒合が悪く、そのような場合には血管茎付き骨移植術が有効である。

症例7. 28歳 男性 脛骨骨折後の骨癒合不全（図-14）。

交通事故にて左下腿部に開放性骨折を生じ、数回にわたって関連病院にて整形外科の手術が行われた後、骨癒合不全治療のため形成外科に紹介された。遊離骨移植による手術では良好な結果が

得られないこと、受傷部の皮膚血行が必ずしも良好ではないことから、腓骨部皮弁 (peroneal flap) 付き腓骨移植を行った。手術は左側臥位で行い、病巣部皮膚切除に引続き骨癒合不全部の搔爬を行い、前脛骨動静脈を露出した。一方、健側 (右) より腓骨部皮弁 (peroneal flap) 付きの遊離腓骨を採取した。遊離腓骨および皮弁の栄養動静脈は腓骨動静脈である。腓骨は12cm長で採取して病巣部に移動した後、適切な長さに調整して interposition の形でプレート固定の後、遊離腸骨を移植腓骨周囲に bone chip の形で移植して皮弁で被覆した。術後、4カ月目の現在、骨移植部の仮骨形成は良好でリハビリテーション中である。

下腿骨部癒合不全に対しては血管茎付き遊離腓骨移植の他に、血管茎付き遊離腸骨移植、血管茎付き肩甲骨移植などが行われている。また下顎の再建では上記の骨移植の他に、橈骨付き遊離前腕皮弁による方法も行われ、著者も2例を経験している。

4. wrap around flap による拇指の再建

欠損した手指の再建法として、1960年代においてマイクロサージャリーによる足指の移植術が行われた^{59)~63)}。拇指の再建には通常、足の第2指の移植が機能的によいとされ、積極的に行われてきたが、形態的には正常の拇指に較べて再建拇指が短い欠点がある。

1980年になり欠損拇指の再建法として、足の第1指からの wrap around flap による再建術が考案されるにいたり、拇指の再建に関しては従来の足の指移植に比して優れた効果が得られるようになった^{64)~68)}。この方法では、再建拇指の支柱として遊離腸骨移植を行い、その周囲を包み込む (wrap around) 組織として、知覚神経および動静脈付きで足の第1指より皮膚・爪・軟部組織を採取し、拇指部に移動して血管吻合および神経縫合を行うものである。

症例8¹¹⁾⁴⁵⁾。20歳 男性、外傷性拇指欠損 (図-15)。

仕事上の事故による両側拇指欠損例である。この症例では片側ずつ2回に分け、両側とも wrap around flap で再建した。まず拇指欠損部の近位

部 snuff box 内で橈骨動脈と皮静脈を露出し、また骨断端付近で拇指の両側の指神経断端を露出した。次に残存した基節骨に細工した腸骨を移植固定した。その後、足の第1指部から長い神経血管茎をつけて wrap around flap を採取し、移植床部に移動し、動静脈・神経を吻合および縫合した。手術は左右の指において成功し良好な機能回復とともに、良好な形態が得られている。

実験外科へのマイクロサージャリーの応用

免疫抑制剤の開発進歩と手術手技の発達により、臓器移植の生着率が向上し、諸外国では各種臓器移植の臨床例が増加している。わが国においては脳死に対する考え方に関して、国民性と倫理上の問題から、腎移植を除くと臓器移植の臨床はかなり遅れている⁶⁹⁾。しかし最近では、わが国でも少数ながら生体肝移植の形で肝移植が行われている。

脳死に関する国民的なコンセンサスが得られ、また各種臓器の保存法が発展すれば、今後わが国においても、各種臓器移植が行われる可能性がある。もちろん、各種臓器の長期保存、拒絶反応などの臨床上の問題も多く残されている。

マイクロサージャリーによる組織移植術は1970年代から行われているが、臓器移植の歴史は更に古い。わが国において、今後実際に各種臓器移植が臨床に応用できる環境が整ったときのために、若い外科系医師にとって、より簡単な動物実験モデルを用いた移植術を身につけておくのも必要ではないかと思われる。実験動物としては、猿・犬などが血管径が太くてモデルとして用い易いが、必ずしも簡単に扱えるモデルとは言い難い。マイクロサージャリーが発展した現在、より簡単に扱える実験モデルとしてラットを用いている報告も多く見られる^{70)~77)}。それにも拘らず、わが国においては、臓器移植の臨床への道がまだまだ遠いという印象のもとに、必ずしもマイクロサージャリーを用いた移植実験が広く行われているようには見えない。マイクロサージャリーをひとつの専門分野とする著者にとって、扱い易いラットを用いた

a) 移植頭部の準備. A: 下行大動脈 B: 下大静脈

b) 手術用顕微鏡下血管吻合により、ラットの頭部の他のラット鼠怪部に移植する。

c) 実際の実験における血管吻合直後の状態。

d) 移植後2週目の状態で、移植された頭部は完全生着している。
なお、recipient rat が donor rat を食べないようにフード
が取り付けられている。

図-16 ラット異所性頭部移植モデルによる実験
〔文献 (78) (79) より引用〕

実験研究を各外科領域の若手医師が行えば、今後、実際に臓器移植の臨床応用ができる立場になったときのための準備として、万全ではないかと歯がゆい思いをしている。特に、近年の免疫学の進歩発展はめざましく、そろそろ、各外科領域でそのような研究方向がみられて然るべき時期にあるのではないと思われる。

図-16は、形成外科領域において頭蓋顔面骨の成長を見るために、近交系ラットによる移植実験であるが⁷⁸⁾⁷⁹⁾、他臓器の実験は血管径もより太い

ために、マイクロサージャリーの技術を身につけておけば、かなりの研究成果が得られるのではないと思われる。

ま と め

以上、紹介した手術法は形成外科領域におけるマイクロサージャリーによる遊離組織移植術の一部に過ぎない。

マイクロサージャリーによる組織移植術は、当初は長い手術時間を要したが、マイクロサージャリーの手術手技を身につけた人達が増加した今日では、donor site と recipient site の2チームに分かれて手術が行われることが多いため、手術・

時間の短縮がはかられている。

順天堂医院には兼科制度があり、形成外科と関連各科の協力で、今後、更にマイクロサージャリーによる遊離組織移植術が多くなっていくものと期待している。また各外科領域において、臓器移植のための基礎実験としてマイクロサージャリーが用いられるように期待している。

本稿を終えるにあたり、臨床面でご協力をいただいた関連各科の先生方に深謝します。

文 献

- 1) Holmgren, G : Some experiences in the surgery of otosclerosis. *Acta Otolaryngol.* **5** : 460, 1923
- 2) Harii, K. *et al.* : Successful clinical transfer of ten free flaps by microvascular anastomoses. *Plast. Reconstr. Surg.*, **53** : 259, 1974
- 3) McLean, D.H. *et al.* : Autotransplant of omentum to a large scalp defect with microsurgical revascularization. *Plast. Reconstr. Surg.*, **49** : 268, 1972
- 4) 梁井 皎, 井上雅博, 瀬野久和 : 我々の施設のマイクロサージャリー-トレーニング-カリキュラム. *日本マイクロサージャリー学会誌*, **2** : 117, 1989
- 5) 梁井 皎 : 微小血管吻合の基本手技とマイクロサージャリーのトレーニングについて. *外科 Mook*, **51** : 1, 1988
- 6) 梁井 皎, 波利井清紀 : マイクロの基本手技と器具. *小児外科*, **16** : 1159, 1984
- 7) 波利井清紀 : *Microsurgery* を用いた顔面の再建手術. *現代外科学体系*, 第5巻, 中山書店, 1982
- 8) Achauer, B.M. *et al.* : Transcutaneous PO₂ in flaps ; a new method of survival prediction. *Plast. Reconstr. Surg.*, **65** : 738, 1980
- 9) Fox, R.H. *et al.* : A new technique for monitoring the deep body temperature in man from the intact skin surface. *J. Physiol.*, **218** : 8, 1970
- 10) Fox, R.H. *et al.* : A new method for monitoring deep body temperature from the skin surface. *Clin. Science*, **44** : 81, 1973
- 11) Harii, K. : Microvascular tissue transfer. *Igakushoin, Tokyo*, 1983
- 12) Harrison, D.H. *et al.* : Monitoring the circulation in the free flap transfer. In *Symposium on Clinical Frontiers in Reconstructive Microsurgery*. Edited by H.G. Buncke and D.W. Furnas. St Louis : C.V. Mosby, 1984
- 13) Jones, B.M. : Differential thermometry as a monitor of blood flow in skin flaps. *Brit. J. Plast. Surg.*, **36** : 83, 1983
- 14) 中西秀樹, 他 : 水素ガスクレアランス法を用いた皮弁血行動態の判定法について. *形成外科*, **27** : 234, 1984
- 15) Yanai, A. *et al.* : Significance of deep body thermometer for assessing haemodynamics of free flaps. *Br. J. Plast. Surg.*, **39** : 125, 1986
- 16) O'Brien, C.J. *et al.* : Long-term follow up of experimental microvascular grafts using Doppler ultrasound. *Br. J. Plast. Surg.*, **38** : 267, 1985
- 17) Hess, F. *et al.* : Determination of the patency of vascular prostheses implanted in the rat aorta by means of ultrasonic blood flow measurements. *Microsurgery*, **8** : 5, 1987
- 18) Roberts, J.O. *et al.* : Direct anastomotic assessment for postoperative microvascular monitoring. *Ann. Plast. Surg.*, **19** : 219, 1987
- 19) Jones, B.M. *et al.* : The use of the ultrasound Doppler flowmeter in reconstructive microvascular surgery. *Br. J. Plast. Surg.*, **36** : 245, 1983
- 20) Vam Beek, A.L. : Ultrasound evaluation of microanastomoses. *Arch Surg.*, **110** : 945, 1975
- 21) Aoyagi, F. *et al.* : Detection of small vessels for microsurgery by a Doppler flowmeter. *Plast. Reconstr. Surg.*, **55** : 372, 1975
- 22) Karsowski, J. *et al.* : A simplified technique for free transfer of groin flaps by use of a Doppler probe. *Plast. Reconstr. Surg.*, **55** : 682, 1975
- 23) Solomon, G.A. : Doppler ultrasound surface monitoring of both arterial and venous flow in clinical free tissue transfers. *J. Reconstr. Microsurg.*, **3** : 39, 1986
- 24) Swartz, W. M. *et al.* : Direct monitoring of microvascular anastomoses with the 20-MHz ultrasonic Doppler probe ; An experimental and clinical study. *Plast. Reconstr. Surg.*, **81** : 149, 1988

- 25) Tsuzuki, K. *et al.*: A contrivance for monitoring skin flaps with a Doppler flowmeter. *J. Reconstr. Microsurg.*, **6**: 363, 1990
- 26) 波利井清紀, 他: Myocutaneous flap の理論と応用. 形成外科, **17**: 664, 1979
- 27) 波利井清紀: Muscle 及び musculocutaneous flap の理論と実際. 手術, **34**: 729, 1980
- 28) Harii, K.: Microvascular free flaps for skin coverage. *Clin. Plast. Surg.*, **10**: 37, 1983
- 29) 朴 修三, 他: 遊離腹直筋皮弁による下腿再建の経験. 日形会誌, **6**: 390, 1986
- 30) 高見 博, 他: 遊離広背筋弁移植の下肢再建への応用. 日本災害医学会誌, **29**: 653, 1981
- 31) 山田 敦, 他: 遊離腹直筋皮弁による一期的乳房再建. 日形会誌, **9**: 240, 1989
- 32) 中塚貴志, 他: 遊離腹直筋皮弁を用いた頭頸部癌切除後の再建. 日形会誌, **6**: 964, 1986
- 33) Muehlbauer W. *et al.*: The forearm flap. *Plast. Reconstr. Surg.*, **70**: 336, 1982
- 34) 吉村光生: Peroneal flap による四肢再建. 形成外科, **27**: 336, 1984
- 35) Mayou, B. *et al.*: The scapular flap. *Br. J. Plast. Surg.*, **35**: 8, 1982
- 36) Nassif, T.M. *et al.*: The parascapular flap. *Plast. Reconstr. Surg.*, **69**: 591, 1982
- 37) Yanai, A. *et al.*: Inverted U parascapular flap for the treatment of axillary burn scar contracture. *Plast. Reconstr. Surg.*, **76**: 126, 1985
- 38) 梁井 皎, 他: 高度の拘縮を伴った眼窩変形に対する遊離皮弁による再建法. 形成外科, **32**: 461, 1989
- 39) 高戸 毅, 他: Free scapular flap を用いた再建術とその応用. 形成外科, **27**: 318, 1983
- 40) 波利井清紀: Free skin flap の適応とその問題点. 整・災外, **22**: 41, 1979
- 41) Gilbert, A. *et al.*: The free scapular flap. *Plast. Reconstr. Surg.*, **69**: 601, 1982
- 42) McGregor, I. A. *et al.*: The groin flap. *Br. J. Plast. Surg.*, **25**: 3, 1972
- 43) Harii, K. *et al.*: Free groin flaps. *Br. J. Plast. Surg.*, **28**: 218, 1975
- 44) Smith, P. J. *et al.*: The anatomical basis of the groin flap. *Plast. Reconstr. Surg.*, **49**: 41, 1972
- 45) 梁井 皎, 他: 形成外科領域における Microsurgery. 手術, **37**: 1451, 1983
- 46) 梁井 皎, 他: マイクロサージャリー (遊離組織移植術). 新外科学大系, **29B**: 310, 1988
- 47) 梁井 皎, 他: マイクロサージャリーによる組織移植の現況と問題点. 日本外科系連合学会誌, **20**: 37, 1989
- 48) Wood, M. B.: *Atlas of Reconstructive Microsurgery*. An Aspen Publication, Maryland, 1990
- 49) Harii, K.: Microneurovascular free muscle transplantation for reanimation of facial paralysis. *Clin. Plast. Surg.*, **6**: 361, 1979
- 50) Harii, K.: Free skeletal muscle transfer with microneurovascular anastomoses. *Muscle transplantation*, Freilinger, G, Springer-Verlag, Austria, 1981
- 51) 波利井清紀: 顔面神経麻痺に対する機能再建術. 手術, **35**: 149, 1981
- 52) 波利井清紀: 顔面神経麻痺の新しい治療法. 手術, **32**: 1113, 1973
- 53) 梁井 皎, 他: 顔面神経麻痺に対する機能再建. 外科 Mook, **39**: 158, 1984
- 54) Harii, K. *et al.*: Free gracilis muscle transplantation, with microneurovascular anastomoses for the treatment of facial paralysis. *Plast. Reconstr. Surg.*, **57**: 133, 1976
- 55) Manktelow, R. T. *et al.*: Free muscle transplantation to provide active finger flexion. *J. Hand Surg.*, **3**: 416, 1978
- 56) 上田和毅, 他: 筋肉移植 (血管柄付き神経縫合). 組織移植の理論. 図説臨床形成外科講座 1, p126, 1989
- 57) 梁井 皎: 筋皮弁づくりのコツ. 臨床外科, **42**: 177, 1987
- 58) 梁井 皎: 筋肉弁と筋皮弁の基礎的知識. 臨床外科, **44**: 1667, 1989
- 59) 薄井正道: 足から手への sensory flap transfer. 整形外科 Mook, **48**: 144, 1987
- 60) Gilbert, A.: Composite tissue transfer from the foot; Anatomic basis and surgical technique. In Daniller, A. J. and Strauch, B. (Eds.) *Symposium on Microsurgery*, Mosby, 1976
- 61) Foucher, G. *et al.*: Microsurgical free partial toe transfer in hand reconstruction: A report

- of 12 cases. *Plast. Reconstr. Surg.*, **65** : 616, 1980
- 62) Minami, A. *et al.*: Thumb reconstrction by free sensory flaps from the foot using microsurgical techniques. *J. Hand Surg.*, **9** : 239, 1984
- 63) Morrison, W. A. *et al.*: Neurovascular free flaps from the foot for innervation of the hand. *J. Hand Surg.*, **3** : 325, 1978
- 64) 富田泰次, 他: Wrap around flap による拇指再建. 整形外科 Mook, **48** : 158, 1987
- 65) Morrison, W. A. *et al.*: Thumb reconstruction with a free neurovascular wrap-around flap from the big toe. *J. Hand Surg.*, **5** : 575, 1980
- 66) Nunley, J. A. *et al.*: Thumb reconstrction by the wrap-around method. *Clin. Orthop. Related Research*, **195** : 97, 1985
- 67) Urbaniak, J. R.: Wrap-around procedure for thumb reconstruction. *Hand Clinics*. **1** : 259, 1985
- 68) 大久保康一, 他: Wrap around flap の経験. 整形外科, **34** : 1475, 1983
- 69) 雨宮 浩: 臓器移植. 中外医学社, 1984
- 70) Lee, S. *et al.*: Pancreaticoduodenal transplantation in the rat. *Transplantation*, **13** : 421, 1972
- 71) Houry S. *et al.*: Total splenopancreatectomy in the rat. *Eur. Surg. Res.*, **15** : 328, 1983
- 72) Schulak, J. A. *et al.*: Effect of warm ischemia on segmental pancreas transplantation in the rat. *Transplantation*, **35** : 7, 1983
- 73) Nolan, M. S. *et al.*: Pancreatic transplantation in the rat. *Transplantaion*, **33** : 327, 1982
- 74) Kamada, N. *et al.*: Orthotopic liver transplantation in the rat. *Transplantaion*, **28** : 47, 1979
- 75) Forbes, R. D. C. *et al.*: Leukocyte subsets in first-set rat cardiac allograft rejection. *Transplantation*, **36** : 681, 1983
- 76) Kaldany, A. *et al.*: Long-term renal allograft survival in rats preimmunized with donor strain RT 1.B antigens. *Transplantation*, **35** : 289, 1983
- 77) Stuart, F. P. *et al.*: Cellular and humoral immunity after allogenic renal transplantation in the rat. *Transplantation*, **22** : 455, 1976
- 78) Hirabayashi, S. *et al.*: An experimental study of craniofacial growth in a heterotopic at head trasplant. *Plast. Reconstr. Surg.*, **82** : 236, 1988
- 79) 平林真一, 他: 近交系ラット異所性頭部移植モデルによる頭蓋顔面骨成長の研究. 日形会誌, **9** : 751, 1989