

綜 説

指尖部切断の治療

岩澤幹直^{1)*} 永井文緒²⁾ 柳澤大輔²⁾

- 1) 長野赤十字病院形成外科
- 2) 信州大学医学部形成再建外科学教室

Treatment of Fingertip Injury

Motonao IWASAWA¹⁾, Fumio NAGAI²⁾ and Daisuke YANAGISAWA²⁾

- 1) Department of Plastic Reconstrutive Surgery, Nagano Red Cross Hospital
- 2) Department of Plastic Reconstrutive Surgery, Shinshu University School of Medicine

Key words : fingertip injury, replantation, flap
 指尖切断, 再接着, 皮弁形成

はじめに

哲学者カントは「手は第二の脳である」と発言したとされるほど、手は高度に発達した器官である。カナダの脳外科医・神経生理学者のペンフィールドのマップ¹⁾(図1)では手のコントロールのために、大脳皮質の1/3の領域がしめられる。画家、彫刻家、音楽家など手先を使うひとは、長生きするといわれる。東山魁夷91歳、ピカソ92歳、梅原竜三93歳で亡くなった。手先から脳への刺激が絶えずあることで、脳の状態がよくなり長生きにつながると説明される。手は複雑な作業を獲得することで脳と共に進化してきた。

1968年 Komatsu と Tamai²⁾が切断母指を再接着し、固有指再接着の世界最初の成功例として報告した。失いかけた指を元にもどすことが現実となった。その後1985年 Yamano³⁾が、血管口径がより小さいDIP関節以遠、爪レベルの再接着を報告して以来、固有指部の微細な血行支配の研究が進展し、再接着だけでなく皮弁による指再建法も開発され普及してきた。爪や指腹組織を失ってしまっても知覚をもつ指再建までも可能となった。指尖には爪があり鋭敏な知覚があることで、物をつまむ等の機能のみならず外見も重要であるため、指尖外傷の治療を希望する患者は多い。現在の指末節切断治療の現状と課題について述べる。

I 指末節の再接着手術

指末節部の再接着術には、従来技術的な困難さと機能面についての考え方の相違によりその適応に議論が分かれていたが、近年微細な手技の改良や患者からの指尖部治療のニーズが高くなったことなどから、末節部の再接着の適応について変化がおきた。末節部切断の再接着では、

- ① 腱や関節の処置なく、手術自体が単純である。
- ② 爪が温存され、外見的改善が大きい。
- ③ 知覚の回復が良い。
- ④ PIP 関節の可動域訓練がしやすい。

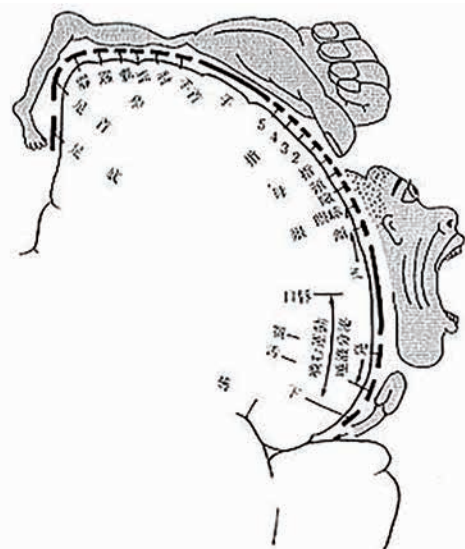


図1 ペンフィールドのマップ

* 別刷請求先：岩澤幹直 〒380-8582
 長野市若里5-22-1 長野赤十字病院形成外科
 E-mail : prsiwa@nagano-med.jrc.or.jp

など機能的にも外見的にも再接着に成功した場合に良好な結果が得られることから、取り組む施設は増加してきた³⁾⁻⁵⁾。しかし、吻合する血管が0.5 mm 前後となるため、より微細な血管吻合の手技が不可欠である。指尖切断部再切着上での課題と解決法について以下に解説する。

A 指末節の血管と神経解剖

固有指動脈は DIP 関節より末梢の爪基部レベルでアーチを形成 (distal transverse palmar arch) し、その血管直径は0.8 mm 程度である。このアーチから口径0.5 mm ほどの数本の終末枝を分岐する。通常この終末枝は末節骨掌側中央で発見でき、吻合可能である。静脈系は、背側静脈系、掌側静脈系ともに利用できる。固有指神経は DIP 関節をこえると3枝に分かれる。爪基部より末梢では縫合しなくとも神経再生し知覚が回復することが知られている。

B 指尖切断の Zone 分類

切断指の Zone 分類には Tamai 分類³⁾が国際的に使用されるが、指尖については詳細な指動脈解剖にもとづいた石川の subzone 分類⁶⁾(図2)が日本では一般的で、subzone IVは固有指動脈、subzone IIIは distal transverse palmar arch 部、subzone IIは終末枝、subzone Iは終末枝の分枝と分類される。Subzone II までの動脈は吻合可能であり、手術適応を決めるため臨床上有用である。

C 末節再接着の手術適応

切断指組織が、全体に圧挫され皮下出血が認められる場合、糖尿病や喫煙歴が長い場合また患者が入院出来ない場合は再接着手術の適応とならない。しかし、患者の希望があれば、最終的には手術室で顕微鏡下吻合に適した血管があるかどうかを観察して、再接着術の適否を判断することが多い。

D 手術について

1 麻酔：指1-2本の末節再接着の場合は、1%キシロカインによる指ブロック麻酔あるいは腋窩神経ブロックで手術可能である。小児の場合には全身麻酔が必要である。

2 手術：指は基部でネラトンチューブとモスキート鉗子、または上腕ターニケットを使用し、患指を駆血し無血野とする。切断組織と指断端をイソジンソープと生食水で十分に洗浄し、指神経、血管に注意しながら切断面での挫滅、汚染部をデブリードマンする。さらに、顕微鏡下にもデブリードマンしながら、追加皮膚切開を行い、正中中部で動脈を外側で指神経を検索す

石川 Subzone 分類

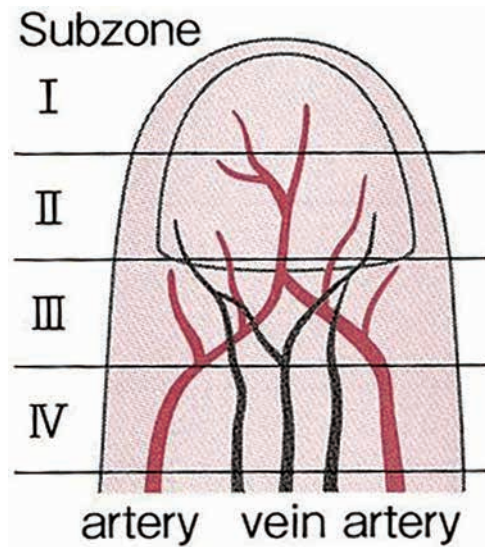


図2 末節部の指動脈分岐による石川 Subzone 分類

る。内腔があることから動脈・静脈を確認し、内膜の損傷も評価する。指背側に追加皮膚切開し、静脈を検索する、静脈内に血液が残る場合は容易に発見できる。吻合に備えて血管損傷部は切除、新鮮化し10-0糸などでマーキングしておく。骨接合は、径1 mm の田島鋼線で単純な骨固定を行う、その際血管吻合部に緊張がからないように注意する。

3 微小血管吻合：顕微鏡下に5-15倍の拡大視野で、微小血管クリップ吻合血管にかけ、血管内をヘパリン生食水で洗浄し、塩酸パパベリンを血管に散布し血管攣縮を予防しながら血管吻合を行う。デブリードマン終了時点で、一度血管クリップを開放し、近位指動脈から拍動性出血が確認できれば、血管吻合を開始する。使用する縫合針は10-0、11-0縫合糸で80-100 μ の太さ、長さ3-4 mm の大きさである(図3)。基本的に血管壁を4-6針で端々吻合する。内膜同士を丁寧に合わせ、血管腔に外膜組織のたれ込みや血管壁を露出させないことが、吻合血管の開存に必須である(図4)。

4 抗凝固治療としてプロスタジン・ヘパリン溶液の持続静注施行することが標準的であるが、現在施設ごとにプロトコールに差違がある。

末節部再接着術の課題として、口径が0.5 mm 前後の動脈・静脈の発見が困難なことがあげられる。解決法として①切断指の動脈が発見出来ない場合、近位の指動脈を皮静脈に吻合して、A-V shunt を作成し血行再建する⁷⁾。②切断指の静脈が発見出来ない場合 a) うっ血改善のため指尖部に切開して、ヘパリン溶



図3 指末節切断の再接着用機材

末節切断指での動脈吻合

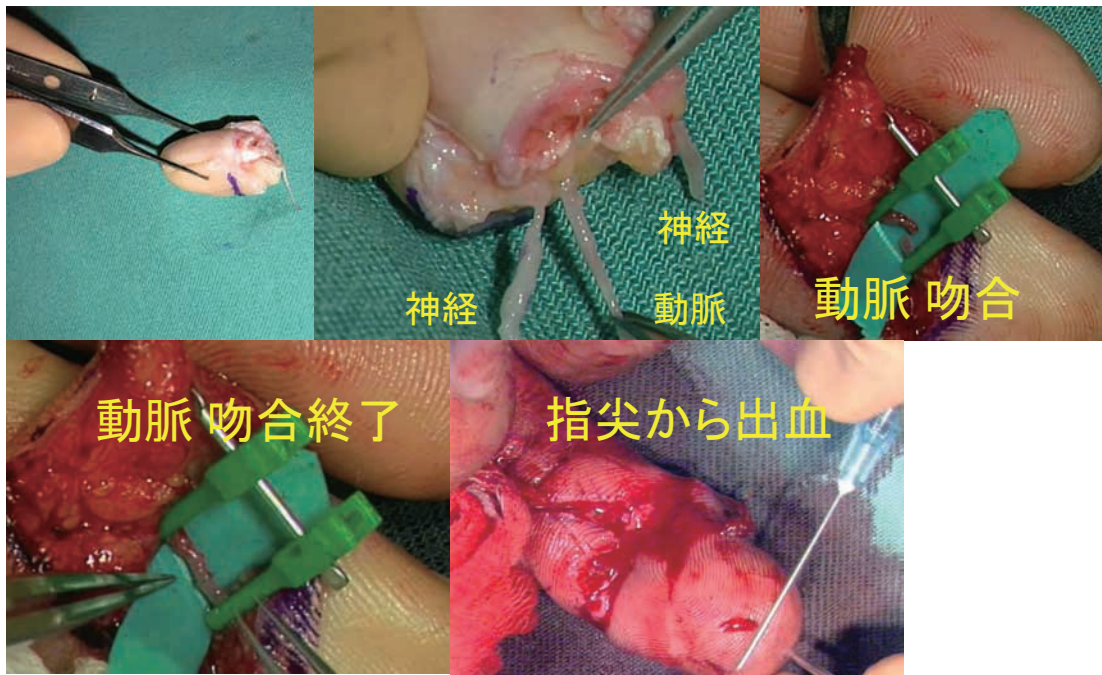


図4 末節切断指での血行再建の実際

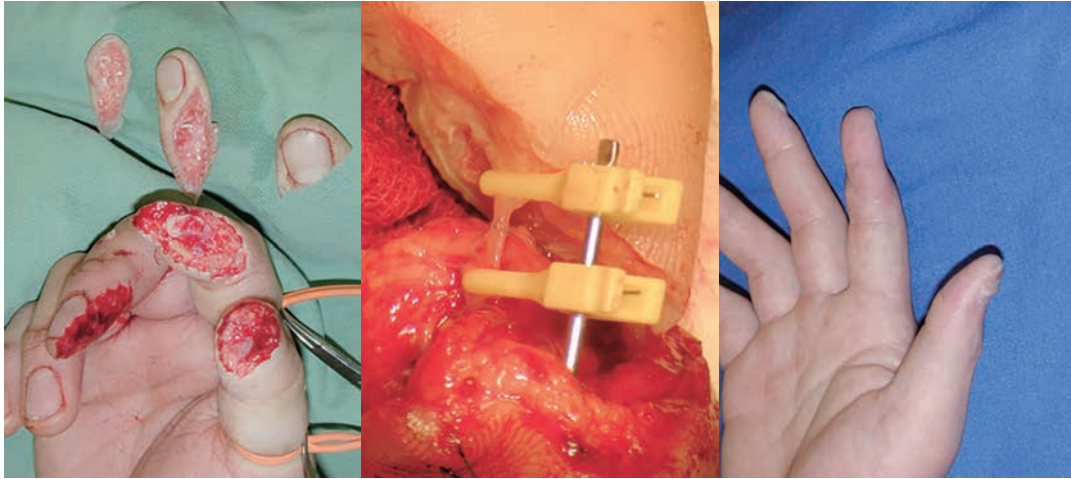


図5 母指・示指切断再接着例

多数指切断の生着例。

指ブロック下に、母指は動脈吻合のみ、示指は動脈・静脈吻合施行し生着した。

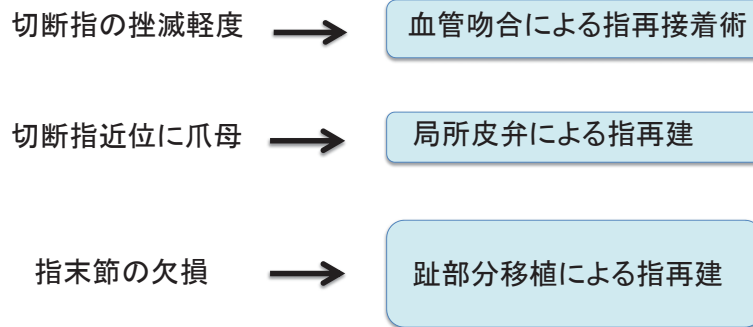


図6 指末節切断指の治療フロー

液を摘下させて数日瀉血を行う⁵⁾。b) 術中に静脈が発見できなくても、翌日以後に皮下静脈が拡張してきたところで、指ブロック下に静脈吻合を行う delayed venous repair 法⁸⁾等報告されている。

最近報告されている指末節部再接着は、指1本あたり手術時間1-2時間程度、生着率は動脈吻合のみでも90%前後、知覚回復も良好⁹⁾¹⁰⁾と報告された(図5)。今後、指末節部再接着手術は、さらに一般化していくと思われる。

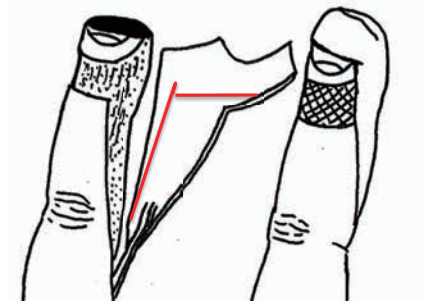
II 局所皮弁による指末節部再建

すべての指末節切断例が再接着の対象ではなく、切断部が失われた場合や切断された指の挫滅が高度な場合は、再接着は適応外である。また手術施行しても生着しない症例もある。石川 Subzone 分類IIより遠位切断で爪母部が近位に残されていれば、微小血管吻合の必要はない、受傷指からの局所皮弁により指腹や爪

床組織を修復し、爪再生を誘導することで指尖の再建が可能になる。指末節再建のフローを示す(図6)¹¹⁾。1953年、Little¹²⁾により指腹組織を指神経指動脈茎として島状に環指から母指へ移動させ母指知覚再建法が報告された。Venkataswami と Subramanian¹³⁾はさらに大きな指腹組織を受傷指の遠位へ移動できる oblique triangular digital island flap を報告している。1990年以後、Strauch と de Moura¹⁴⁾、Endo と Kojima¹⁵⁾が、固有指での掌側指動脈と背側指動脈が密な血管網を形成する詳細な血行支配を明らかにしたことで、固有指からの皮弁による指尖再建法について報告が多数¹⁶⁾¹⁷⁾みられるようになった。

我々がやっている皮弁手術¹⁸⁾を説明する。手術は、指ブロック下に、ネラトンチューブとモスキート鉗子で指駆血し無血野で施行する。掌側指動脈は、指節ごとに少なくとも2本の背側枝があり、背側中手動脈動脈と密な血管網を形成している。この知見に基づき、

石川Subzone II 切断 爪母が残った場合 指掌側背側の動脈支配



Strauch B. Arterial system of the fingers
から改変

皮弁挙上

術後

図7 Strauch らの掌側背側指動脈支配と我々の拡大指動脈皮弁による指尖再建術シエーマ

右示指Subzone2での切断例



術前

手術



術後6カ月
右示指TAM250度
爪再生は良好

図8 拡大指動脈皮弁による指尖再建術の症例提示

片側指動脈とその背側枝を含むように、指掌側組織とその遠位指背側組織を皮弁として挙上すると、掌側皮膚と爪床の欠損の修復に必要な組織を指尖へ1-1.5 cm 前進させることが出来る。皮弁挙上した指末節背側には、2×2 cm ほどの前腕からの全層植皮で閉鎖

した(図7)。皮弁の大きさは幅2 cm 長さ5 cm で、再骨移植した場合でも被覆でき、指の長さを温存可能である。爪の再生誘導が可能であり、指可動域も温存でき、知覚回復も早い(図8)。

母趾外側からの爪・神経・血管付き皮弁の採取



図9 母趾外側から爪・知覚付き皮弁の挙上状態



趾部分移植による 指末節再建例

図10 趾部分移植による小指末節再建例

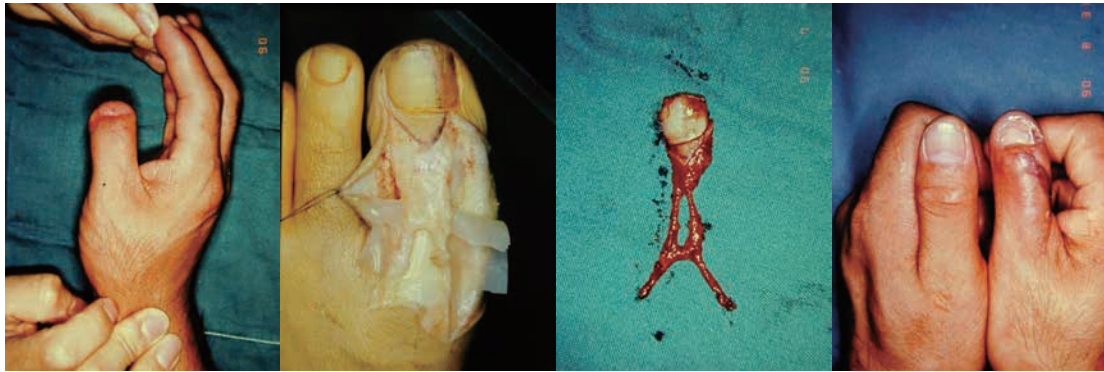
Ⅲ 母趾からの部分移植による指末節部再建

切断指再接着術の普及に伴い、多種類の微小血管吻合による遊離組織移植の研究が発達した。1980年 Morrison ら¹⁹⁾と Doi らは²⁰⁾母趾から知覚のある皮膚・爪を移植して失った母指を再建する Wrap-around flap 法を報告した。母趾からは、爪と皮膚の一部を剥

離し移植するので、採取部足趾の数が減じず、短い指の再建に適しているので、母指以外の手指再建²¹⁾にも適応されるようになった。

母趾からの Wrap-around flap 法 (WAF 法) は、母趾の爪と外側皮膚からなる知覚皮弁である。支配血管は、外側趾動脈—第一背側骨間動脈 (FDMA)—足背動脈系と背側静脈—足背静脈系である。支配知覚

爪静脈皮弁による指尖形成術



術前

爪静脈皮弁の挙上

術後

図11 爪静脈皮弁による母指末節部再建例

神経は外側足底足趾神経である（図9）。皮弁挙上に問題となるのは、FDMAの走行異常と口径であり、Gilbert²²⁾は、3つのタイプに分類した。FDMAが細い場合には、第一足底動脈系を選択するのが安全である。手術は、手と足を同時に操作し、手指末節を再建するために腸骨移植を行うため、全身麻酔が必要である。移植側では総指動脈、指背側静脈、固有指神経を準備し、顕微鏡下に吻合する（図10）。皮弁採取した母趾創は、第Ⅱ趾からの足趾交差皮弁と中間層植皮により閉鎖する。あるいは、手術時に人工真皮で創閉鎖しておき、1-2週間後人工真皮内に肉芽組織が形成されてから中間層植皮することも可能である。

WAF法の変法として、爪だけを血行を保ち移植する方法である血管柄爪移植法²³⁾²⁴⁾も報告された。母趾の爪・爪母部を背側皮下静脈2本つけて採取し、手指の動脈・静脈に吻合し、動静脈シャント血行で生着を

はかる（図11）。小さい組織量であるので、非生理的な血行でも生着が可能である。伸長する能力のある爪移植法である。外見の改善を図るための浸襲の少ない選択枝として有用である。

まとめ

指末節切断・損傷は、日常災害、労働災害としてよく遭遇する外傷のひとつである。Minor injuryとして、安易に初期治療されることが多いが、指尖部は微細な構造であるため巧緻な運動に支障を生じ、また爪欠損・変形から人目を気にするなど、日常生活に支障をきたす。①使用に耐える組織と爪のある指尖をのこす。②指の長さを出来るだけ温存する。③正常に近い感覚をのこす。などに留意した再接着術、皮弁による指尖形成手術そして母趾部分移植による指再建など治療の現状について論説した。

文 献

- 1) Penfield W, Rasmussen T: The Cerebral Cortex of Man. MacMillan, New York, 1950
- 2) Komatsu S, Tamai S: Successful replantation of a completely cut-off thumb. Plast Reconstr Surg 42: 374-377, 1968
- 3) Yamano Y: Replantation of the amputated distal part of the finger. J Hand Surg 10-A: 211-218, 1985
- 4) Hattori Y, Doi K, Yamasaki H, Wahegaonkar A, Addosooki A: Fingertip Replantation. J Hand Surg Am 32: 548-555, 2007
- 5) 五谷寛之, 山野慶樹, 坂中秀樹, 寺浦英敏: 指尖再接着 ウルトラマイクロサージェリーテクニックを中心に. 日本マイクロ学会誌 20: 323-331, 2007
- 6) 石川浩三, 小川 豊, 添田晴雄: 手指末節切断に対する新しい区分法 (Zone 分類) —血管吻合の適応とその限界レベルについて. 日本マイクロ学会誌 3: 54-62, 1990

- 7) Yabe T, Muraoka M, Motomura H, Ozawa T : Fingertip replantation using a single volar arteriovenous anastomosis and drainage with a transverse tip incision. *J Hand Surg Am* 26 : 1120-1124, 2001
- 8) Koshima I, Yamashita S, Sugiyama M, Narushima M : Successful venous drainage in 16 consecutive distal phalangeal replantation. *Plastr Reconstr Surg* 115 : 149-154, 2005
- 9) 松崎浩徳 : 指尖切断再接着 ; 課題を中心に : 指尖部損傷・指切断マニュアル *MB Orhop* 26 : 15-23, 2013
- 10) 加藤浩康, 岩澤幹直, 柳澤大輔, 川村達哉, 柴 将人 : 指腹組織を減量した指動脈のみ吻合する指尖部再接着. *日本マイクロ会誌* 25 : 59-64, 2012
- 11) 柳澤大輔, 岩澤幹直, 加藤浩康, 川村達哉, 永井史緒 : 手指爪部切断の治療. *日手会誌* 29 : 771-775, 2013
- 12) Littler W : The neurovascular pedicle method of digital transposition for reconstruction of the hand. *Plast Reconstr Surg* 12 : 303-319, 1953
- 13) Venkataswami R, Subramanian N : Oblique triangular digital island flap : A new method of Repair for Oblique Amputation of fingertip and thumb. *Plast Reconstr Surg* 66 : 296-300, 1980
- 14) Strauch B, de Moura M : Arterial system of the fingers. *J Hand Surg* 15-A : 148-154, 1990
- 15) Endo T, Kojima T : The vascular anatomy of the finger dorsum and a new idea for coverage of the finger pulp defect that restore sensation. *J Hand Surg* 17-A : 927-932, 1992
- 16) Kojima T, Tsuchida Y, Hirase Y : Reverse vascular pedicle digital island flap. *Br J Plast Surg* 43 : 290-295, 1990
- 17) Elliot D, Moiemmen NS, Jiginni VS : The neurovascular Tranquilli-Leali flap. *J Hand Surg (Am)* 46 : 817-823, 1995
- 18) Iwasawa M, Kawamura T, Nagai F : Dorsally extended digital island flap for repairing soft tissue injury of the fingertip. *J Plast Reconstr Surg* 64 : 1300-1305, 2011
- 19) Morrison,WA, O'Brien B, MacLeod AM : Thumb reconstruction with a free neurovascular free flap from the big toe. *J Hand Surg* 5 : 575-583, 1980
- 20) Doi K, Kuwata N, Kawai S : Reconstruction of the thumb with a free wrap-around flap from the big toe and a iliac bone graft. *J Bone J Surg* 67A : 439-445, 1985
- 21) Koshima I, Moriguchi T, Soeda S : Free thin osteo-onychocutaneous flaps from big toe for reconstruction of the distal phalanx of the fingers. *Br J Plast Surg* 45 : 1-5, 1992
- 22) Gilbert A : Composite tissue transfer from the foot ; anatomic basis and surgical technique. *Symposium on Microsurgery*, pp 230-242, Mosby, St Louis, 1976
- 23) 中山凱夫, 添田周吾, 飯野知足 : 動静脈シャントによる血管付き爪移植. *日手会誌* 3 : 334-337, 1986
- 24) Iwasawa M, Furuta S, Noguchi M, Hirose T : Reconstruction of fingertip deformity of the thumb using a venous flap. *Ann Plast Surg* 28 : 187-189, 1992

(H 30. 5. 1 受稿)