

特集 Prefabricated flap の新展開

頰部組織欠損に対する prefabricated flap の有用性

桜井裕之^{*1} 野崎幹弘^{*2} 竹内正樹^{*3} 佐々木健司^{*3}

Key words : prefabricated flap 肩甲骨下動静脈系遊離複合組織移植 顔面再建

はじめに

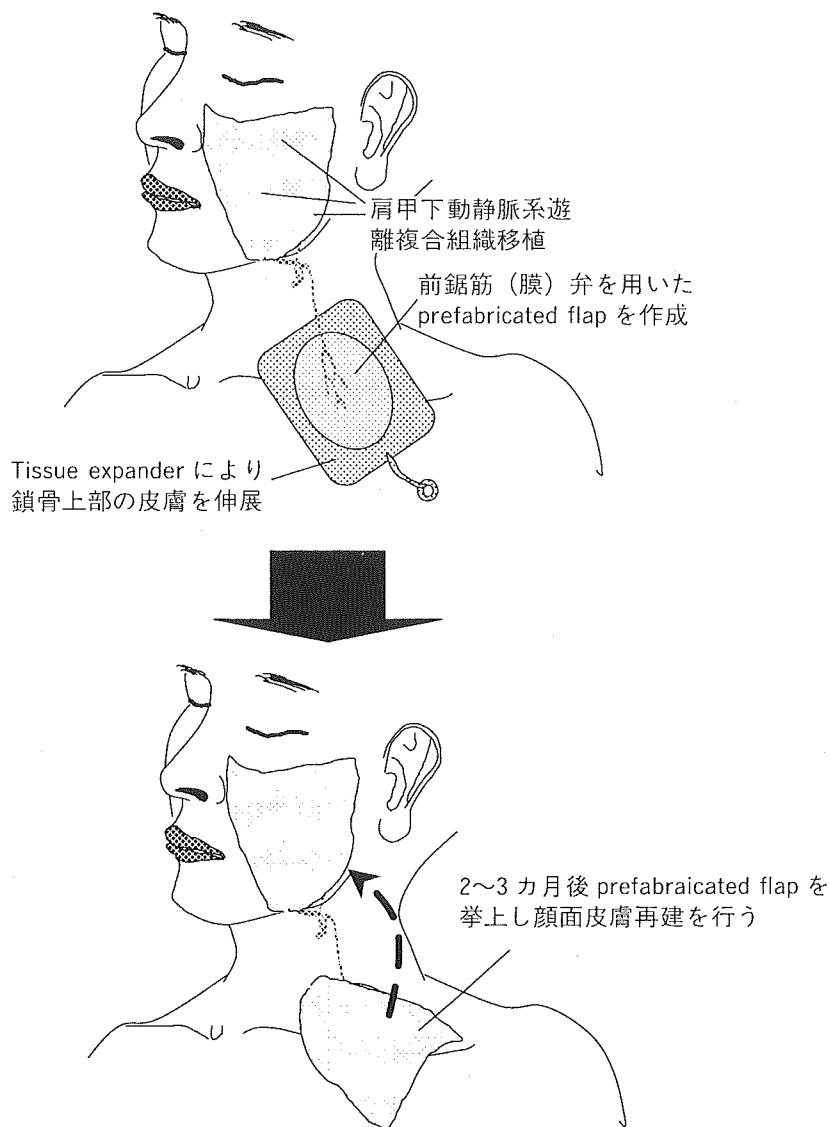
近年，身体各部位における皮膚血行形態の解明が進み，いまや皮弁挙上が不可能な部位はないといっても過言ではない。またそれに伴い皮弁の術式は多様化し選択の幅が広がってきた。しかし，特殊な再建目的のため皮弁選択が制限された場合，既存の血行形態に依存する形の選択肢では満足する結果が得られないこともある。その解決策の一つとして生まれたのが prefabricated flap⁷⁾¹¹⁾である。この皮弁は，移植前に加えられた人為的操作により新たな血行形態を有しており，特殊な再建目的にも対応することができる。われわれは，中顔面の複雑な組織欠損に適応した肩甲骨下動静脈系遊離複合組織移植術において，一部の組織を prefabricated flap の vascular carrier として利用することで，整容的にも優れた顔面再建が可能であることを報告した⁶⁾¹¹⁾。本稿では，その術式の詳細を述べることとする。

I 手術手技

1. Vascular carrier の移植および expander 挿入

顔面の組織欠損に対して，再建目的に必要な構成成分からなる複合組織を肩甲骨下動静脈系を栄養血管とする皮弁として採取する。肩甲骨下動静脈を頸部の適切な血管に吻合することで移植する。利用し得る組織は，肩甲骨，肋骨，広背筋（皮）弁，肩甲皮弁などであり，その詳細は他の報告¹⁾⁹⁾¹³⁾にゆずることとする。われわれの工夫した本術式は，この複合組織に肩甲骨下動静脈より分枝した胸背動静脈の前鋸筋枝およびそれに連なる前鋸筋（膜）弁を含ませ，これを鎖骨上部に作成する prefabricated flap の vascular carrier として利用するものである（図 1-a）。したがって，初回手術（肩甲骨下動静脈系遊離複合組織移植による顔面再建）の際に，頸部に皮膚切開を加え，頸部皮下トンネルと鎖骨上部に皮下ポケットを作成し，これに前鋸筋（膜）弁を誘導する。同時に，鎖骨部での prefabricated flap の拡大を目的として，前鋸筋下に tissue expander を挿入する。Expander の大きさは，必要とされる皮膚の大きさに準じて選択されるが，通常 500 cc 前後の

^{*1} 東京都立広尾病院形成外科^{*2} 東京女子医科大学形成外科^{*3} 日本大学医学部形成外科



(a) 肩甲下動静脈系遊離複合組織移植と prefabricated flap を用いた頬部組織欠損に対する整容的再建

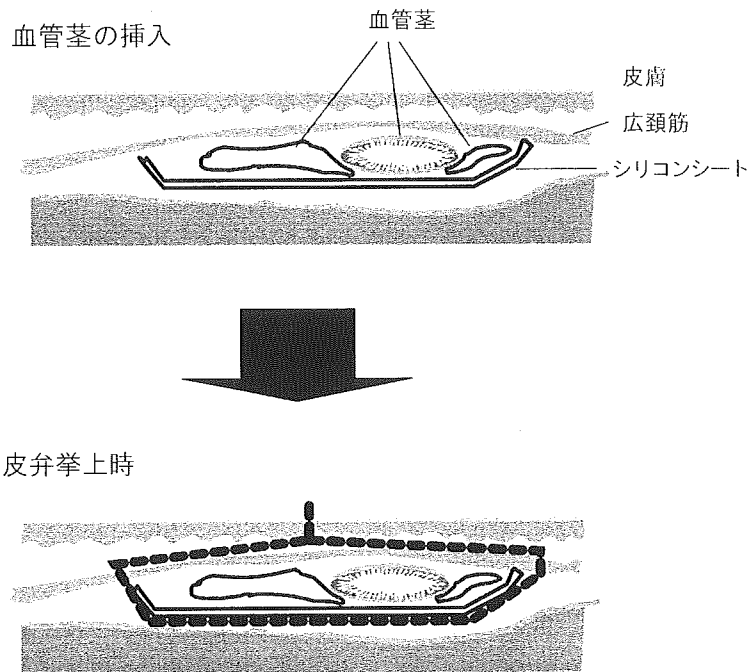
図 1 術式のシェーマ

容量であれば、頬部全体の被覆を目的とした皮弁の作成が可能である。Prefabricated flap の挙上時、皮弁の自由度を得るためには、十分な長さの血管茎を得ておくことが必要であるが、同時に prefabricated flap の移動時の血管茎剥離が容易となるような配慮も必要である。そこで、前鋸筋枝を通す皮下トンネルは広頸筋の下に作成し、初回手術の際に血管茎の下面にはシリコンシートで被覆している（図 1-b）。

2. Prefabricated flap の挙上

1 回目の手術より 1～2 週間後に expander の生理食塩水注入を開始する。皮膚の色調や緊張に留意しながら 7～10 日ごとに容量の 10% を目安に注入を行い、遊離組織移植後 2～3 カ月で full inflation とした後、prefabricated flap として挙上する。術前にドップラー聴診器で移行した血管茎の走行を確認しておくことは重要である。

まず、前回の手術瘢痕に切開を加えて



(b) 前鋸筋枝の頸部における挿入部位と挙上時の剝離面

図 1 術式のシェーマ



(a) 初診時所見

側頭部，頬部に皮膚欠損を認める (→)。

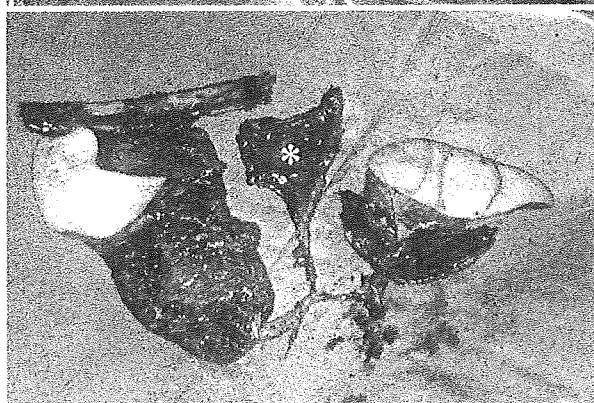
図 2 症例 1：54 歳，男，上顎癌切除後の顔面の変形
(Sakurai H, et al : Subscapular arterial system combined tissue transfer using secondary vascularization. Plastic Surgical Forum 19 : 324-326, 1996 より引用)

expander を除去する。その後，皮弁は中顔面皮膚欠損の形態に応じてデザインし，被膜下に透見できる血管茎を損傷しないよう留意

して皮弁を挙上する。さらに皮下トンネル内に配置した血管茎の走行に沿って頸部皮膚に切開を加える。広頸筋上で幅約 2 cm 程度の



(b) 欠損部を開放した状態
鼻腔側面，口蓋，上顎骨，頬骨欠損を認める。



c	e
d	

(c) 皮弁デザイン

口蓋再建部分 (P)，鼻腔粘膜再建部分 (N)，広背筋皮弁 (→) は一時的顔面皮膚再建に使用した。

(d) 採取組織

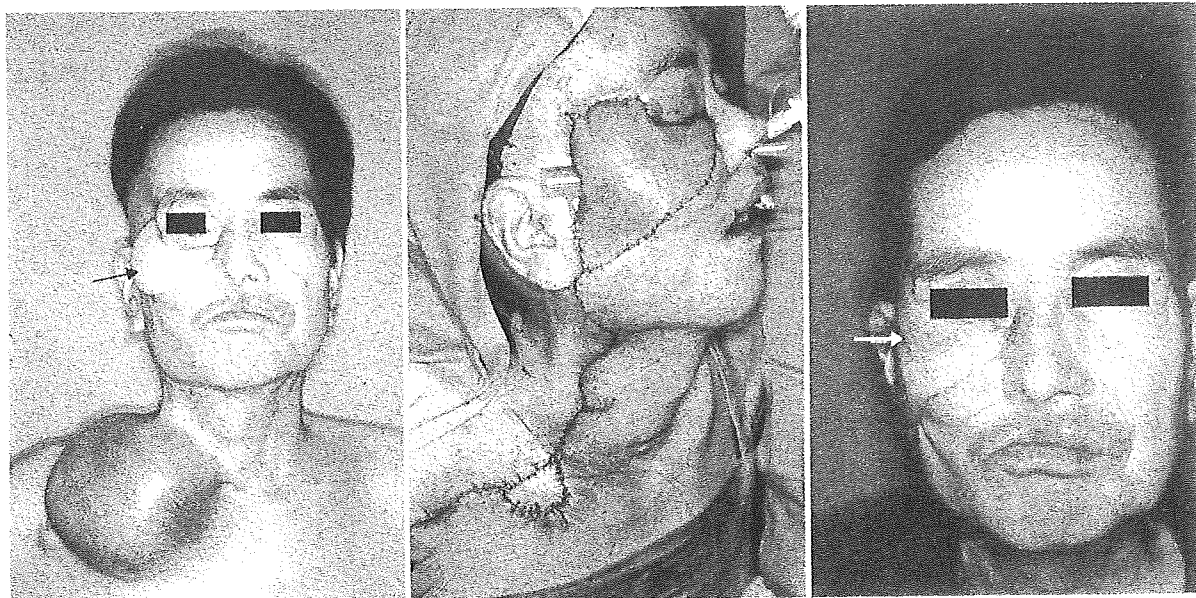
*：前鋸筋膜弁

(e) 移植組織配置

前鋸筋弁 (*) を鎖骨上部に誘導する。

図 2 症例 1

(Sakurai H, et al: Subscapular arterial system combined tissue transfer using secondary vacularization. Plastic Surgical Forum 19: 324-326, 1996 より引用)



(f) 初回手術後 40 日
広背筋皮弁で再建した顔面皮膚
(→) は周囲との色調の違い
が目立つ。

(g) Prefabricated flap を右頬
部に移動した状態

(h) 術後 2 カ月の状態
Prefabricated flap (→) に
より頬部皮膚の色調・質感は著
しく改善した。

図 2 症例 1

(Sakurai H, et al: Subscapular arterial system combined tissue transfer using secondary vascularization. Plastic Surgical Forum 19: 324-326, 1996 より引用)

皮下剥離を行い、再度血管茎の走行をドップラー聴診器により確認する。血管茎の剥離は、確認した血管茎の走行に沿って幅約 1~2 cm の広頸筋とともに、また下層では血管茎移行の際に留置したシリコンシートとともに挙上する (図 1-b)。これにより、血管茎を安全かつ容易に剥離することができ、prefabricated flap の移動に十分な自由度が与えられる。皮弁を頬部の再建部位に移動させ縫着する。皮弁採取部は可及的に一次閉鎖する。

III 症 例

【症例 1】 54 歳，男

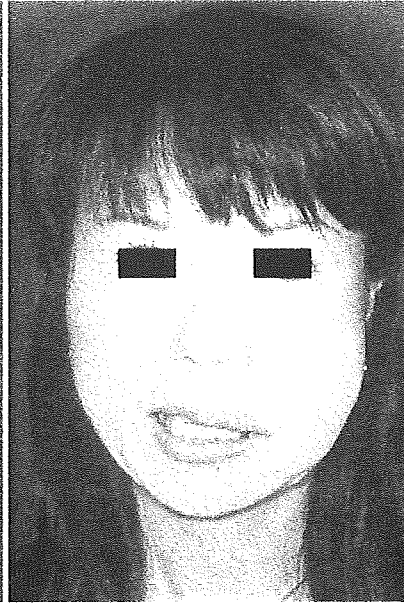
右上顎癌に対し、他院耳鼻咽喉科において拡大上顎全摘術および計 95 Gy の放射線療法が行われ、その後に生じた顔面変形を主訴に当科を紹介された。右側頭部に鼻腔・口腔との交通性のある潰瘍形成、および高度の顔

面変形を認め (図 2-a)、これに対して肩甲下動静脈系の遊離複合組織移植による再建を行った。鼻腔・口蓋粘膜は肩甲皮弁により、上顎の死腔充填を広背筋弁により、眼窩下縁の骨性再建を肩甲骨により行った (図 2 b~d)。瘢痕拘縮解除後に生じた右側頭部から頬部の皮膚欠損に関しては、一時的には広背筋皮弁により被覆した。同時に、挙上しておいた前鋸筋膜弁を vascular carrier として鎖骨上部皮下に誘導し、これをもって prefabricated flap を作成した (図 2-e)。鎖骨上部に皮下ポケットを作成し、500 cc の tissue expander を挿入するとともに前鋸筋膜弁を同ポケット内に誘導し、辺縁を 3-0 ナイロンで真皮に固定した。

遊離複合組織移植により顔面形態は改善したものの、広背筋皮弁による再建顔面皮膚は色調・質感ともに整容面での問題を残している (図 2-f)。これに対して初回手術 2 カ月後に鎖骨上部に作成した prefabricated flap で



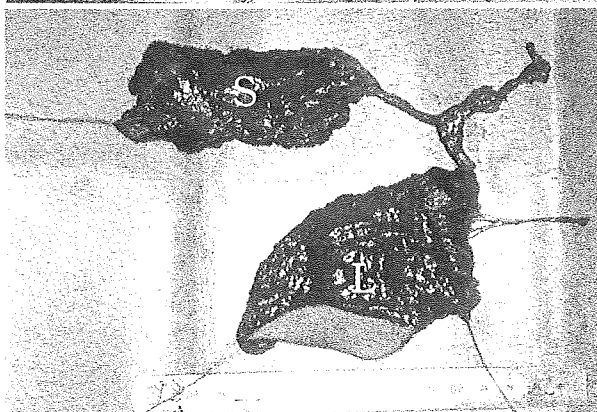
(a) 初診時所見



(e) 術後 8 カ月の状態
口角の挙上も可能である。



b	d
c	



(b) 病変部切除直後の状態

(c) 移植組織

L：広背筋皮弁（皮島部分は
モリタリング皮弁として
利用した）

S：前鋸筋弁

(d) Prefabricated flap による
顔面皮膚再建

図 3 症例 2：34 歳，女，右顔面巨大 AVM

顔面皮膚の resurface を行った (図 2-g)。術直後の皮弁色調はやや暗赤色を呈しうっ血状態を示したが、翌日には改善し皮弁は完全に生着した。広背筋皮弁による顔面皮膚に比較して、鎖骨上部の prefabricated flap は色調・質感ともに顔面皮膚により合致したものであり整容的改善が得られた (図 2-h)。皮弁辺縁の瘢痕切除等を予定していたが、不慮の事故により 3 カ月後死亡した。

【症例 2】 34 歳、女

左頬部から下顎にかけての巨大動静脈奇形の症例である (図 3-a)。主要な栄養血管である顔面動脈と顎動脈に対して塞栓術を行った後、病変部の外科的切除を行った (図 3-b)。顔面表情筋とともに頬部の病変部分を完全切除した後、広背筋弁による表情筋の動的再建と prefabricated flap による頬部の皮膚再建を行うこととした (図 3-c)。採取した 9×5 cm の広背筋弁は、胸背神経を顔面神経頬筋枝の断端に神経縫合し、耳下腺被膜と鼻唇溝部真皮に固定した。この広背筋弁は筋膜上に脂肪組織とモニタリング皮弁としての皮島を有しており、頬部の皮膚欠損に対する一時的な閉鎖は、病変部の皮膚を薄層に剝離し分層皮膚として利用することにより行った。一方、胸背動静脈の前鋸筋枝とそれに連なる前鋸筋弁 (10×5 cm) を鎖骨上部皮下へ誘導し、510 cc の tissue expander を挿入した。2 カ月の伸展期間の後、prefabricated flap による整容的顔面皮膚再建を行った (図 3-d)。

皮弁は完全生着し、術後 2 年を経過し整容的にも満足のゆく結果が得られている (図 3-e)。

III 考 察

広義の prefabricated flap とは、移植前に皮弁採取部に対して人為的操作を加えること

により、再建目的に見合った移植組織に変換させておく皮弁と定義することができる。通常の axial pattern flap (軸走型皮弁) においては、移動の際に必要な血管茎、移植時に含ませることのできる組織、移植し得る皮弁の形態・大きさなどがある程度規定されることになる。これは、既存の血行形態に依存する形で皮弁を挙上することによる制限であるが、prefabricated flap は移植前操作後に生じる血管新生により新たな血行形態を兼ね備えた皮弁を作成することができる点で多くの可能性を秘めている。

元来の「prefabrication」の意味を考えれば、単なる delay 操作や tissue expansion も prefabrication の一環と考えることができる。しかし、近年の文献においては Pribaz ら⁵⁾が述べているように、「prefabricated flap」は、vascular carrier を導入し一定期間経過した後、新たな血管茎により挙上する皮弁に限定し、その他の移植前操作による prefabrication とは区別する意見が多い⁵⁾。一方で、vascular carrier の導入とは異なり、元来の移植組織には含まれなかった組織 (骨、軟骨、粘膜、皮膚など) を移動前に移植しておき、目的に見合った形態や機能を兼ね備えた移植組織に変換させる操作も prefabricated flap として報告する文献²¹⁾²²⁾も散見される。どこまでを prefabricated flap として認めるかに関しては、学会等での統一した見解が望まれるところである。

Prefabricated flap に expander を併用することは、特に比較的大きな皮弁を必要とした場合に非常に有用である⁴⁾。Expander による被膜形成は vascular carrier に新たな血管網が付加され、prefabricated flap の血行改善に極めて大きな効果を与えられ¹⁰⁾。一方で、expander の過伸展により移行した血管茎が閉塞することが危惧されるが、段階的な expansion であれば伸展血管

は問題なく良好な開存を示すことが動物実験により確認されている¹³⁾。提示した症例においても、頸部皮下トンネル内の前鋸筋枝のみならず、鎖骨上部の伸展部分においても前鋸筋弁内の動脈の拍動をドップラー聴診器において良好に聴取することができた。

Expander を併用した prefabricated flap において、術直後の皮弁うっ血はよく知られている。われわれの方法においては広頸筋下に挿入した前鋸筋枝を広頸筋やシリコンシート周囲の被膜とともに挙上しているが、これらの組織を介した静脈還流により多少なりとも静脈還流が付加され、術翌日には皮弁の色調は平常化していた。

多くの再建対象を有し三次元的に複雑な形態が求められる広範囲の中顔面組織欠損において、複数の組織を同時に再建材料として利用でき、かつ十分な長さの血管茎を得ることができる遊離複合組織移植の採取部は限られている⁴⁾⁹⁾¹³⁾。しかも、組織欠損が顔面皮膚にまで及んだ場合、それらの移植組織が必ずしも顔面皮膚に適した再建材料を含んでいるとは限らない。このように既存の血行形態による組織移植では制限が加わるような場合、prefabricated flap の有用性が高まると考えられる。そもそも複雑な中顔面再建に適した遊離複合組織移植術は vascular carrier となり得る組織を多く含んでおり、再建材料の欠点を補うための prefabrication は理にかなった有用な術式であると考えられた。

まとめ

中顔面の再建において利用される遊離複合組織は、既存の血行形態のままでは顔面皮膚の再建に適した再建材料を得ることが困難である。これに対して、整容的観点から移植組織の一部を vascular carrier として利用する prefabricated flap が有用であると考えられ

た。

引用文献

- 1) Allen RJ, Dupin CL, Dreschnack PA, et al: The latissimus dorsi/Scapular bone flap (the "latissimus/bone flap"). *Plast Reconstr Surg* 94: 988, 1994
- 2) Cherry GW, Austad E, Pasyk K, et al: Increased survival and vascularity of random-pattern skin flaps elevated in controlled expanded skin. *Plast Reconstr Surg* 90: 680-685, 1983
- 3) Khouri RK, Ozbek MR, Hruza GJ, et al: Facial reconstruction with prefabricated induced expanded (PIE) supraclavicular skin flaps. *Plast Reconstr Surg* 95: 1007-1015, 1995
- 4) Koshima I, Yamamoto, H, Hosoda M, et al: Free combined composite flaps using the lateral circumflex femoral system for repair of massive defects of the head and neck regions; An introduction to the chimeric flap principle. *Plast Reconstr Surg* 92: 411, 1993
- 5) Pribaz JJ, Fine N, Orgill DP: Flap prefabrication in the head and neck; A 10-year experience. *Plast Reconstr Surg* 103: 808, 1999
- 6) Sakurai H, Sasaki K, Nozaki M: Subscapular arterial system combined tissue transfer using secondary vascularization. *Plastic Surgical Forum* 19: 324-326, 1996
- 7) Shintomi Y, Ohura T: The use of muscle vascularized pedicle flaps. *Plast Reconstr Surg* 70: 724, 1982
- 8) Simman R, Jackson IT, Andrus L: Prefabricated buccal mucosa-lined flap in an animal model that could be used for vaginal reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 109: 1044-1049, 2002
- 9) Swartz WM, Banis JC, Newton ED: The osteocutaneous scapular flap for mandibular and maxillary reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 77: 530, 1986
- 10) 竹内正樹, 野崎幹弘: テッシュューエキスパンダーによる伸展組織の血管形態変化. *日形会誌* 13: 121-129, 1993
- 11) 竹内正樹, 野崎幹弘, 桜井裕之ほか: Expanded

secondary vascularized flap の血行と臨床. 形成外科 39:1033-1041, 1996

- 12) Terheyden H, Warnke P, Dunsche A, et al: Mandibular reconstruction with prefabricated vascularized bone grafts using recombinant human osteogenic protein-1; An experimental study in miniature pigs. Part II: transplantation. Int J Oral Maxillofac Surg 30: 469-478, 2001
- 13) Yamamoto Y, Nohira K, Minakawa H, et al: The combined flap based on a single vascular source; A clinical experience with 32 cases. Plast Reconstr Surg 97: 1385, 1996

ABSTRACT

Reconstruction of The Sole Using a Median Plantar Flap and a Reversed Median Plantar Flap Usefulness and Problems

*Hiroyuki Sakurai, MD*¹, Motohiro Nozaki, MD*², Masaki Takeuchi, MD*² and Kenji Sasaki, MD*³*

The advantage of the median plantar flap (MPF) and the reverse median plantar flap (RMPF) is that they can provide durable tissue capable of withstanding continuous weight bearing. However, the use of these flaps can cause certain problems that should be given careful consideration, as follows:

- 1) Blood circulation in the non-weight-bearing area and the foot must be evaluated before using these flaps.
- 2) A limited flap size that is insufficient for

coverage of the entire sole.

3) Treatment of the vascular anatomy and pedicles is problematic due to variations in and the condition of the branches of the median plantar artery.

4) Treatment of the plantar aponeurosis must be judged on a case-by-case basis.

5) Treatment of the digital branch of the median plantar nerve to the great toe is not clear.

6) Lack of consensus over the necessity of a sensory flap for reconstruction of the sole.

7) Donor site morbidity, including pain, hypesthesia, concavity and pigmentation, and normal site morbidity.

8) Venous drainage that is not always reliable when the RMPF is elevated

In this paper the authors discussed the problems associated with the MPF and the RMPF. We think that it is important to understand the problems involved and completely eliminate flap necrosis when using these flaps.

*¹Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Tokyo Metropolitan Hiroo General Hospital, Tokyo 150-0013

*²Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Tokyo Women's Medical University, Tokyo 162-8666

*³Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Nihon University School of Medicine, Tokyo 173-8610

Key Words : 穿通枝皮弁, 頭頸部再建, 遊離皮弁

頭頸部再建における穿通枝皮弁の適応

木 股 敬 裕*・桜 庭 実*・林 隆 一*・海 老 原 敏*

Indication of Perforator Flaps for Head and Neck Reconstruction

Yoshihiro KIMATA, M.D.*, Minoru SAKURABA, M.D.*,
Ryuichi HAYASHI, M.D.* and Satoshi EBIHARA, M.D.*

**Division of Plastic and Reconstructive Surgery and of Head and Neck Surgery
National Cancer Center Hospital East*

Recent advances in microvascular anatomy of the skin have rendered the perforator flaps effective for head and neck reconstruction. The perforator flaps decrease the donor site morbidity, however; the priority of head and neck reconstruction using free vascularized composite graft is to prevent postoperative complications such as flap loss and dysfunction. The purpose of this article is to present our experience and establish our indication of perforator flaps in head and neck reconstruction.

はじめに

遊離複合組織移植による再建は、現在、頭頸部癌切除後の欠損に欠かせない技術となってきた。移植する皮弁も多種多様となり、そのなかでも皮弁採取部の犠牲を最小限に抑えた穿通枝皮弁が、最近、脚光を浴びてきている¹⁻³⁾。しかし、頭頸部癌切除後の即時再建に重要なことは、術後合併症を抑えること、術後機能を維持することにある。この点を考慮すると、頭頸部即時再建における穿通枝皮弁の適応は限られてくる。今回、当院における頭頸部再建に用いた遊離皮弁の資料を基に、代表的な組織欠損に対する穿通枝皮弁の適応について報告する。

I. 移植皮弁の種類

1981年から2002年12月までに、国立がんセンター東病院および中央病院で施行した頭頸部癌切除後の遊離皮弁による即時再建手術数は1681件である。移植組織の種類は、腹直筋皮弁592例(35.2%)、空腸502例(29.9%)、前腕皮弁223例(13.3%)、前外側大腿皮弁174例(10.4%)、腓骨皮弁50例(3%)、広背筋皮弁42例(2.5%)、その他の順であった(表1)。そのなかで、穿通枝皮弁(概念はいまだ確立していないが)^{4,5)}と考えられるのは、前外側大腿皮弁^{3,6)}の174例をはじめとして、前内側大腿皮弁⁷⁾が2例、深腸骨動脈穿通枝骨皮弁^{8,9)}が10例、腰動脈穿通枝皮弁¹⁰⁾が2例、下腹壁

*国立がんセンター東病院形成外科頭頸部外科

動脈穿通枝皮弁¹⁾が3例、広背動脈穿通枝皮弁²⁾が1例である。そのうち13皮弁(11/13例はキメラ型移植)⁶⁾が、他の遊離組織と合併移植されていた。前外側大腿皮弁を移植した組織欠損は、中咽頭側壁38例、舌半切38例、頬粘膜18例、舌垂全摘以上15例、下歯肉15例、頭頸部皮膚欠損が14例などであった。

II. 移植皮弁の年代別推移と壊死率

さて、使用した軟部組織主体の皮弁の年代別推移をグラフに表すと、腹直筋皮弁と空腸が手術件数の増加とともに増えているのが分かる(図1)。前外側大腿皮弁は、1993年から当院において使用され始めた。しかし、瘻孔などの術後合併症を経験し、97～98年代に使用頻度が減少した。現在、適応(後述)を吟味して再使

用し始めた結果、その頻度は増加傾向にある。前腕皮弁に関しては、1985年ごろより減少傾向にある。これは、皮弁採取部の犠牲が大きいために、その適応が限られてきたことを意味している。欠損範囲が大きいと腹直筋皮弁が、小さいと前外側大腿皮弁が前腕皮弁の代わりを選択されるようになってきている。広背筋皮弁も、腫瘍切除と同時に皮弁挙上が不可能なため、少なくなっている傾向にある。

皮弁の全壊死は、64/1681例(3.8%)に認められ、その内訳は腹直筋皮弁が25/592例(4.2%)、空腸11/502例(2.2%)、前腕皮弁6/223例(2.7%)、そして前外側大腿皮弁が9/174例(5.2%)であった。前外側大腿皮弁の全壊死の原因としては、吻合部静脈血栓3例、術後の血管柄または外頸静脈の外的圧迫による静脈還流障害が4例、血管柄の捻れによる穿通枝内血栓1例、術後頸部の安静不可による血管柄の伸展が1例と考えた。

表1：移植皮弁の種類

総手術件数：1681件	
腹直筋皮弁	： 592 (35.2%)
空 腸	： 502 (29.9%)
前腕皮弁	： 223 (13.3%)
前外側大腿皮弁	： 174 (10.4%)
腓骨皮弁	： 50 (3.0%)
広背筋皮弁	： 42 (2.5%)
その他	： 98 (5.8%)

III. 頭頸部即時再建における皮弁の適応

冒頭に述べたように、頭頸部再建の重要な点は、術後合併症を抑え術後機能を維持すること、手術侵襲や皮弁採取部の犠牲を最小限にすることである。穿通枝皮弁の特徴は後者に属するが、用いたことで合併症が増えたり、術後機

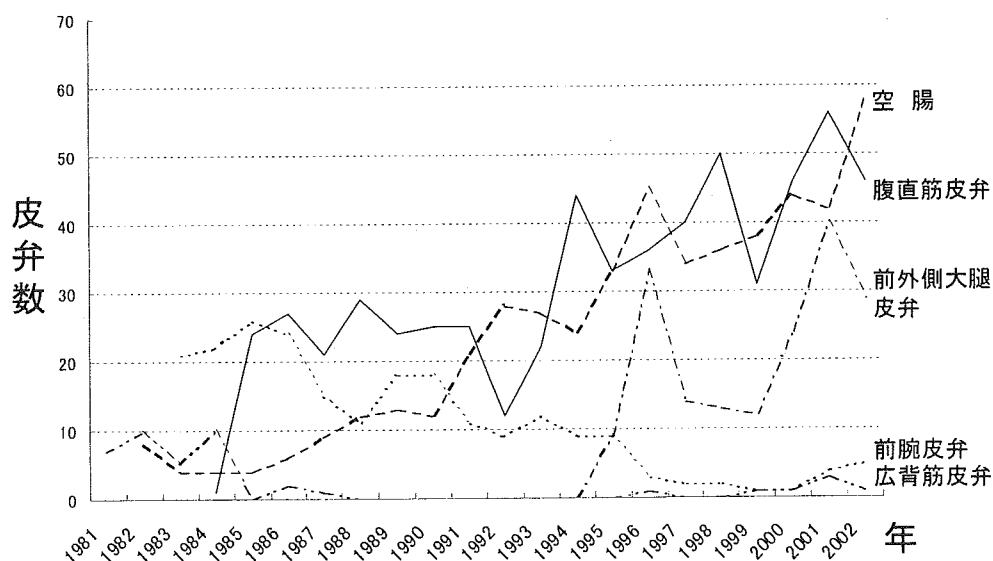


図1：遊離皮弁の年代別推移

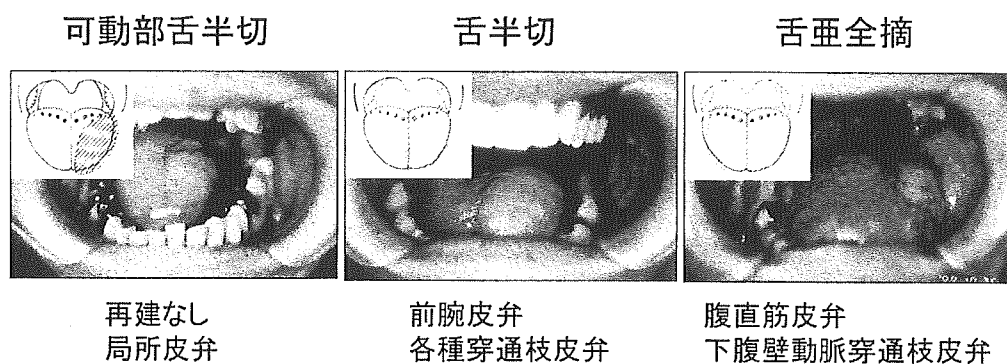


図2：舌欠損に対する皮弁の適応

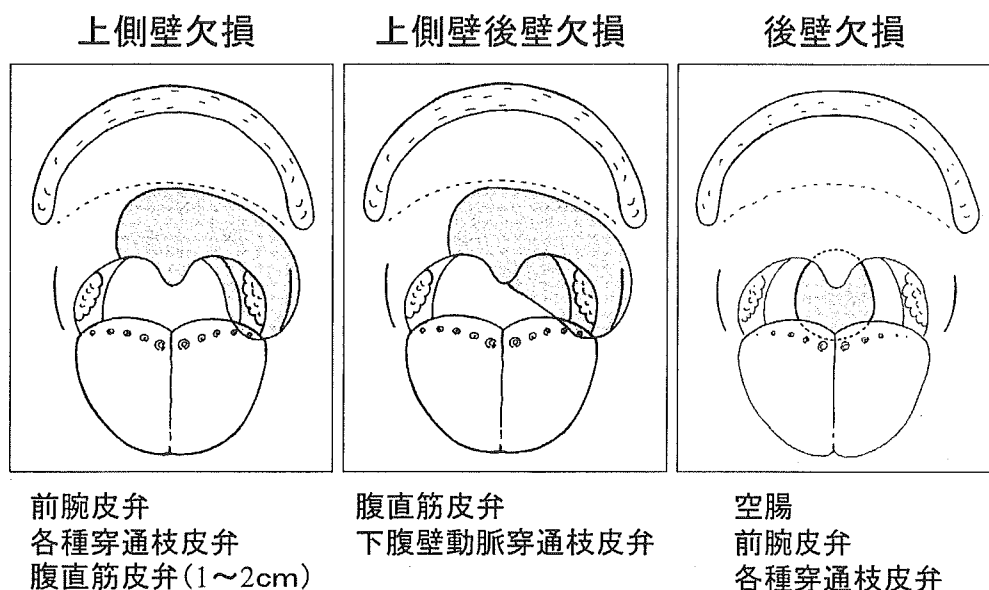


図3：中咽頭欠損に対する皮弁の適応

能が不良になったりすることは避けなければならない。例えば、前外側大腿皮弁などの容量が少ない皮弁を、舌垂全摘以上などの広範囲欠損に利用すれば術後の死腔感染や、不良な摂食会話機能につながる。もちろん2皮島として挙上したのちに1皮島を脱上皮し、死腔に充填したりする方法もある。しかし、煩雑な手技となるため、本稿においては省くことにする。一方、手術時間を短縮するために、腫瘍切除と同時に挙上可能な皮弁を選択すべきである。

これらの点を考慮し、頭頸部の代表的欠損に対する穿通枝皮弁を含めた遊離皮弁の選択について、われわれの方針を述べる。

1) 舌欠損(図2)：舌根切除のない可動部舌半切以下の欠損では、再建の必要性はほとん

どない。舌根半切を含む舌半切では、前腕皮弁がよく用いられてきた。しかし、この欠損程度が、最もよい穿通枝皮弁の適応となり、前外側大腿皮弁、前内側大腿皮弁、下腹壁動脈穿通枝皮弁、腰動脈穿通枝皮弁などが利用可能である。顎下部の死腔の充填には、皮弁を脱上皮した部分や外側広筋を用いる。舌垂全摘以上の欠損では術後機能を考慮し、脂肪が厚い腹直筋皮弁が第一選択となる¹²⁾。顎下部の充填には腹直筋筋体を用いる。脂肪が3 cm程度あれば下腹壁動脈穿通枝皮弁でも再建は可能である。しかし、脂肪は感染に弱く瘻孔などの合併症が生じた場合を考えると筋体の利用が望ましい。

2) 中咽頭欠損(図3)：上側壁欠損で後壁の咽頭弁を用いて鼻咽腔を閉鎖できる症例で

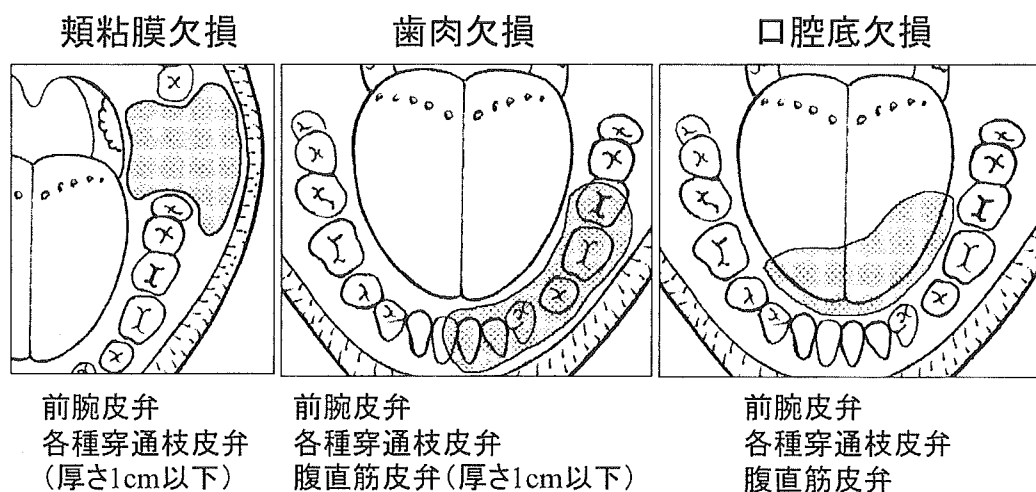


図4：頬粘膜・歯肉・口腔底欠損に対する皮弁の適応

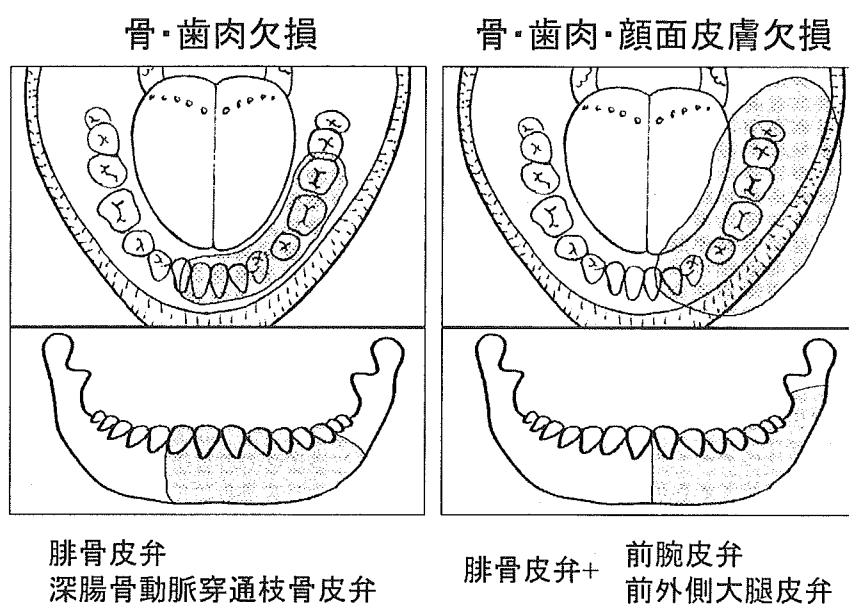


図5：骨を含む欠損に対する皮弁の適応

は¹³⁾, 前腕皮弁, 前内側大腿皮弁, 前外側大腿皮弁, 下腹壁動脈穿通枝皮弁, そして厚さ1～2 cm 程度の腹直筋皮弁で再建可能である。この際, 前腕皮弁や前内側大腿皮弁のみでは顎下部の死腔が充填できず, 皮弁の一部を脱上皮して埋めることになる。ただ, 舌欠損と違い, 口腔底から顎下部に抜ける空間が狭いため, 皮弁の圧迫などに細心の注意を要する。前外側大腿皮弁の場合には, 外側広筋にて顎下部を充填する。後壁が切除され鼻咽腔形成が不可能なときや舌根が合併切除された場合には, 腹直筋皮

弁か, 脂肪の厚い下腹壁動脈穿通枝皮弁での再建となる。後壁のみの欠損には, 空腸や前腕皮弁, 穿通枝皮弁がよい適応となる。

3) 頬粘膜・臼後部欠損 (図4): 欠損範囲が浅くかつ頸部のレシピエントの血管まで距離があるため, 前腕皮弁や穿通枝皮弁がよい適応となる。厚さは1 cm 以下が望ましい。

4) 歯肉・口腔底欠損 (図4): 前腕皮弁や前外側大腿皮弁, 前内側大腿皮弁, 下腹壁動脈穿通枝皮弁, 腰動脈穿通枝皮弁, そして1 cm 程度の厚さの腹直筋皮弁が適応となる。ただし,

舌欠損と同様に顎下部の死腔の充填に留意する必要がある。口部舌の欠損が大きい場合には、腹直筋皮弁や下腹壁動脈穿通枝皮弁がよい。

5) 骨などを含む広範囲欠損 (図5) : 腓骨皮弁を第一選択とするが、深腸骨動脈穿通枝骨皮弁でも再建可能である⁹⁾。再発症例では、骨粘膜欠損のみならず顔面皮膚欠損を伴うことがある。骨弁を含む2つ以上の遊離皮弁が必要になるが、頸部にレシipientがない場合がある。その際には、他の皮弁と複合移植できる前外側大腿皮弁が利用できると非常によい適応となる⁹⁾。

安全で簡略な術式という意味で、現段階における穿通枝皮弁の適応は、舌半切、中咽頭上側壁、上下歯肉、口腔底、頬粘膜、などが順当な適応と考えている。

穿通枝皮弁を用いた際に、術後の局所合併症を回避する方法として、以下の点があげられる。血管柄の捻転を防ぐため、そして確実な皮弁の血流を得るために、可能なら穿通枝を2本以上含めること、伴走静脈が2本あれば2本とも血管吻合することを薦める。さらに、口腔内再建ではわずかな皮弁の辺縁壊死も術後の瘻孔につながるため、薄層化などの皮弁の血流を悪くする操作は極力避けるべきである。予定していた穿通枝が、解剖学的変異や術中操作により利用できない場合もある。それには挙上予定の皮弁のみならず、その周囲の挙上可能な皮弁に周知して対処できるようにしておく必要がある。

ま と め

穿通枝皮弁は、皮弁採取部の犠牲が少ないという大きな利点がある。しかし、頭頸部即時再建のより大きな目的は、術後合併症を抑えること、術後機能を維持することにある。穿通枝皮弁を用いる場合には、常にこれらのことを念頭に置いて臨むべきである。

本論分の要旨は第30回日本マイクロサージャリー学会学術集会 (2003年、於岡山) にて発表した。

文 献

- 1) Koshima I, Soeda S : Inferior epigastric artery skin flaps without rectus abdominis muscle. *Br J Plast Surg* 42 : 645-648, 1989
- 2) Angrigiani C, Grilli D, Siebert J : Latissimus dorsi musculocutaneous flap without muscle. *Plast Reconstr Surg* 96 : 1608-1614, 1995
- 3) Kimata Y, Uchiyama K, Ebihara S, et al : Anatomic variations and technical problems of the anterolateral thigh flap : A report of 74 cases. *Plast Reconstr Surg* 102 : 1517-1523, 1998
- 4) Blondeel PN, Van Landuyt KHI, Monstrey SJM, et al : The "Gent" consensus on perforator flap terminology : Preliminary definitions. *Plast Reconstr Surg* 112 : 1378-1387, 2003
- 5) Wei FC, Jain V, Suominen S, et al : Confusion among perforator flaps : What is a true perforator flap? *Plast Reconstr Surg* 107 : 874-876, 2001
- 6) Koshima I, Fukuda H, Yamamoto H, et al : Free anterolateral thigh flaps for reconstruction of head and neck defects. *Plast Reconstr Surg* 92 : 421-429, 1993
- 7) Koshima I, Soeda S, Yamasaki M, et al : The free or pedicled anteromedial thigh flap. *Annals of Plastic Surg* 21 : 480-484, 1988
- 8) Safak T, Klebuc MJA, Kecik A, et al : Closure of upper extremity soft-tissue defects using the new "Supra-Crest" fasciocutaneous free flap. *Plast Reconstr Surg* 99 : 1154-1159, 1997
- 9) Kimata Y, Uchiyama K, Sakuraba M, et al : Deep circumflex iliac perforator flap with iliac crest for mandibular reconstruction. *Br J Plast Surg* 54 : 487-490, 2001
- 10) 木股敬裕, 内山清貴, 桜庭 実, ほか : 腰動脈穿通枝皮弁の経験. *日本マイクロ会誌* 14 : 282-285, 2001
- 11) Allen RJ, Treece P : Deep inferior epigastric perforator flaps for breast reconstruction. *Ann Plast Surg* 32 : 32-38, 1994
- 12) Kimata Y, Uchiyama K, Ebihara S, et al : Postoperative complications and functional results after total glossectomy with microvascular reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 106 : 1028-1034, 2000
- 13) Kimata Y, Uchiyama K, Sakuraba M, et al : Velopharyngeal function after microsurgical reconstruction of lateral and superior oropharyngeal defects. *The Laryngoscope* 112 : 1037-1042, 2002

Key Words : 穿通枝皮弁 (perforator flap), TAP flap, DIEP flap, ALT flap, GAP flap……

穿通枝皮弁：開発から現況まで

光 嶋 勲*

穿通枝皮弁の概念

極小の (0.5~0.8 mm) 血管茎 1 本のみで、大径 (3~1 mm) の血管茎で栄養される皮弁と同程度の面積が生着可能な穿通枝皮弁が臨床応用されつつある。2001 年 9 月のゲント国際穿通枝皮弁講習会にて本皮弁の定義に関して consensus meeting が開かれ、“筋膜または筋を含めず皮膚と脂肪から構成され、1 または数本の穿通枝によって栄養される皮弁”ということと合意が得られた¹⁾。穿通枝動静脈の多くは皮神経と伴走し、皮膚のみでなく神経の栄養血管となることが多いので、別名で神経皮弁 (neuroskin または neurocutaneous flap) などとも呼ばれる。解剖学的特徴から、穿通枝皮弁は (1) 筋内穿通枝、(2) 筋間中隔穿通枝、(3) 腱間穿通枝、(4) 骨軟骨膜間穿通枝などに分類される。また、茎の長さによる分類として、長茎 (long pedicle perforator flap)、短茎 (short pedicle perforator flap)、穿通枝のみ (true perforator flap) などに分類されている²⁾。

穿通枝皮弁の歴史

1983 年、Yoshimura らの遊離腓骨動脈穿通枝皮弁、1984 年の Song らの前大腿皮弁などが有用な穿通枝皮弁として報告され、1985 年、新井らはサーモグラフィにより穿通枝の位置を確認できることを報告している。その前後において Ponten (1981)、西条 (1985)、Cormack (1984)、Nakajima (1986)、丸山らは筋膜皮弁における筋膜血行 (fascia plexus) と穿通枝の重要性を指摘し、1980 年中ごろより筋膜皮弁全盛時代を迎え、現在でもなお存在しない深筋膜血行が強調され続けている。当時著者は

筋膜をのぞいた皮弁でもその生着範囲はそれを含めたものとほとんど同じであることを前外側大腿皮弁や四肢の皮弁で多く経験し、筋膜血行をのぞき穿通枝のみを血管茎とする穿通枝皮弁の臨床応用例を報告し、これが筋膜血行のない穿通枝のみによる新しい皮弁 (穿通枝皮弁) であることを初めて強調した。Taylor ら³⁾は腹直筋皮弁が穿通枝皮弁とできることを解剖学的に指摘した。この穿通枝皮弁の概念を強調した臨床例は 1989 年の Koshima の報告⁴⁾とされ、腹直筋穿通枝皮弁による舌再建例と大腿部広範欠損の再建例を報告し、その後は後脛骨穿通枝皮弁、殿筋穿通枝皮弁による仙骨部褥創の治療、前外側大腿皮弁による頭頸部再建、キメラ型前外側大腿皮弁、flow-through 型前外側大腿皮弁、胸背動脈穿通枝皮弁、橈骨動脈穿通枝皮弁、内側足底穿通枝皮弁、大腿筋膜張筋穿通枝皮弁、内外果穿通枝皮弁、浅腸骨回旋動脈穿通枝皮弁 (SCIP flap) などが報告され続けている。

おもな穿通枝皮弁について過去 17 年間で得られた知見を要約すると以下のとおりである。

1) 胸背動脈穿通枝皮弁 (TAP flap) : 側胸部を主軸とするデザインである程度の大きさのものが仰臥位で採取可能となった。応用 : 筋体と皮弁の分離が可能。分割広背筋弁の一期的 2 弁移植 (陳旧性顔面神経麻痺の複数表情筋再建)。同一ドナー背部からの複数皮弁 (複数回) 採取。広背筋皮弁-肩甲骨移植による手足の再建。flow-through 型移植による血行と組織の同時再建。筋を含めない穿通枝皮弁または短血管茎皮弁の開発による広背筋機能の温存 & 肩甲骨下動脈系・神経の温存が可能。穿通枝脂肪弁。合併症 : 部分壊死 (穿通枝皮弁で territory がやや縮小する)。術中の穿通枝損傷。

*東京大学形成外科

2) 深下腹壁動脈穿通枝皮弁 (DIEP flap)：筋膜上での皮弁挙上。腹筋・肋間神経運動枝の温存による腹筋採取後障害の予防が可。応用：筋穿通血管の剥離により筋と皮弁の分離 (顔面筋と軟部組織の同時再建)。flow-through 型移植による血行と組織の同時再建。筋を含めない穿通枝皮弁による四肢再建。穿通枝脂肪弁による軟部組織の augmentation (低侵襲顔面萎縮, 乳房再建)。合併症：穿通枝損傷。

3) 前外側大腿皮弁：筋膜上での皮弁挙上。応用：合併移植の開発：頭頸部の広範な骨軟部組織再建, 3 次元的な形態と機能の動的再建。flow-through 型移植による阻血肢の血行と組織の同時再建。短血管茎皮弁による低侵襲再建術。血管柄付き外側大腿皮神経移植。合併症：大腿皮神経損傷。穿通枝損傷。

4) 浅腸骨穿通枝皮弁 (SCIP flap)：前上腸骨棘中心として皮弁をデザインし, SCIA 深枝のみ短径で採取。拡大型皮弁有する血管付き腸骨皮弁。合併症：大腿皮神経損傷。

穿通枝皮弁を成功させるには

術前ドップラー, ルーペ使用。解剖 (血管変位) に精通する (皮神経のあるところ穿通枝あり), 複数の穿通枝を皮弁に含め最も太いものを選択する, 電メスを用いた出血させない皮弁

挙上, 遊離皮弁では短径大血管を用いた flow-through 型吻合 (2 A 2 V) などに注意することが重要であろう。

穿通枝皮弁の将来

適応と限界がさらに拡大され, 穿通枝の浅層末梢枝レベルを茎とする低侵襲移植術が開発され, 穿通枝を茎とする分割筋, 血管柄付き神経, 脂肪, 筋間膜, 骨, 骨膜片の移植が可能となるであろう。

文 献

- 1) Blondeel, P. N., Van Landuyt, K.H.I., Monstrey, S.J.M. et al : The "Gent" consensus on perforator flap terminology : Preliminary definitions. *Plast Reconstr Surg* 112 : 1378-1382, 2003
- 2) Koshima, I., Fujitsu, M., Ushio, S. et al : Flow-through anterior thigh flaps with a short pedicle for reconstruction of lower leg and foot defects. *Plast Reconstr Surg* to be published in 2004
- 3) Taylor, G. I., and Palmer, J.H. : The vascular territories (angiosomes) of the body : Experimental study and clinical applications. *Brit. J. Plast. Surg* 40 : 113-141, 1987
- 4) Koshima I, et al : Deep Inferior epigastric skin flaps without rectus abdominis muscle. *Br J Plast Surg* 42 : 645-648, 1989.

特集 ハイブリッド型組織再生の新しい試み IIrhBMP-2 添加ハイドロキシアパタイト
を用いた血管柄付き人工骨

平田晶子* 丸山 優* 林 明照**

Key words: rhBMP-2 血管柄付き骨膜弁 多孔性ハイドロキシアパタイト ハイブリッド型人工骨

はじめに

生体組織工学の進歩に伴い、今日では血管¹⁶⁾や軟部組織¹⁸⁾などさまざまな組織再生の可能性が示唆されている。骨組織の再生についても、細胞供給源や足場 (scaffold) ならびに血行の導入などの観点から活発に研究が行われ、その臨床応用の報告も散見されるようになった¹⁴⁾。現在、骨組織再生の細胞供給源としては、骨髄や骨膜¹¹⁾、細胞の足場としてハイドロキシアパタイト (以下 HA) や高分子重合体、また血行の導入には、pre-fabrication 等が用いられ、実用化に向けた取り組みが模索されている。

形成・再建外科領域で行われている血管柄付き自家骨移植術は、有用性の高い再建法である反面、採取部の犠牲を伴うことから、将来的には人工物との併用も含めた再生硬組織にとって代わられるものと予測される。しかし、生体内でこれら再生組織が受け入れられ、機能していくためには、血行の供給を中心とした生体との関わりが不可欠であり、ここで再建外科において、培われてきた血管柄付き組織移植術の技術が活かされるのではないと思われる。われわれは、臨床応用に即

した血管柄付き人工骨の開発を目的に、細胞の供給と血行の導入源として血管柄付き骨膜弁を、細胞の足場として多孔連通構造を有した HA を採用し、家兎を用いた実験モデルで、HA 気孔内における骨形成について検討を行っている⁹⁾。また、増殖因子が本モデルの骨形成へ及ぼす影響について検討するため recombinant human bone morphogenetic protein-2 (以下 rhBMP-2) を添加した HA でも同様の実験を行った。これらの結果をふまえ、本稿では、足場の素材、血管柄付き骨膜、骨形成促進因子について考察を加えて報告する。

I 実験材料および方法

日本白色家兎 (体重約 3 kg, 雄性) を同一環境で飼育し、以下の実験を行った。なお、飼育中に感染や自傷した個体は除外した。

HA 圧着肋骨骨膜付き広背筋弁モデルの作成: ペントバルビタールナトリウムによる静脈麻酔下に、右側臥位で肩甲骨と前肢後縁の交差部を基部に含めた約 4×9 cm の矩形弁をデザインし、第 8~11 肋骨骨膜付き広背筋皮弁を挙上した。骨膜は肋骨の上縁ならびに下縁に沿って割を入れ、肋間動静脈を含まない肋骨外側部から剥離し広背筋裏面に付着させて挙上した。その第 8, 9 肋骨骨膜カンビ

* 東邦大学医学部形成外科

** 東邦大学佐倉病院形成外科

ウム層面および広背筋裏面に、 $8 \times 4 \times 2$ mm, 気孔率 55% の多孔性 HA ブロック (アパセラム®, PENTAX, 東京) を密着して縫着した (図 1)。HA ブロックは、乾燥したものと, rhBMP-2 (山之内製薬より提供) を添加したものを扱い, rhBMP-2 は各ブロックに $5 \mu\text{g}$ 添加した¹⁵⁾。下床の肋骨, 肋間筋などからの直接の影響を遮断するため, 肋骨骨膜付き広背筋弁の剝離創面にシリコンフィルムを縫着固定した後, 皮弁を元の位置に戻して閉創した。

実験群は, rhBMP-2 非添加群 12 羽, rhBMP-2 添加群 12 羽を用い, 1 羽につき骨膜面および筋肉面に各 1 ブロックずつ圧着した。各群を 4 羽ずつ 3 グループに分け, 術後 4, 8, 12 週に静脈麻酔後, 周囲の結合組織と一塊に HA ブロックを摘出した。摘出検体から非脱灰骨標本を作製して Villanueva bone stain を施し, 気孔内の組織学的に検討を行った。

III 結 果

rhBMP-2 非添加群では, 肋骨骨膜に圧着した HA ブロックの気孔内で, 4 週目において気孔内に粗な線維性結合組織が観察されたが, 標本上, 気孔内に骨形成を認めなかった。8 週目では, HA 気孔内の線維性結合組織の増生は顕著となり, 一部の気孔内に島嶼状に類骨, 石灰化骨が混在した新生骨の形成が観察された。12 週目では, HA 気孔内は線維性結合組織が充満し, 層板構造を持った石灰化骨が線維性結合組織を取り囲むように気孔壁に沿って認められた (図 2)。また, 骨膜接着面から新生骨形成が見られた HA 気孔までの距離は, 8 週で最長 0.5 mm, 12 週で最長 1.36 mm であり, 経時的に骨形成が進行している様子が観察された。

一方, 広背筋に圧着した HA では, 4, 8, 12 週目のいずれの検体においても HA 気孔

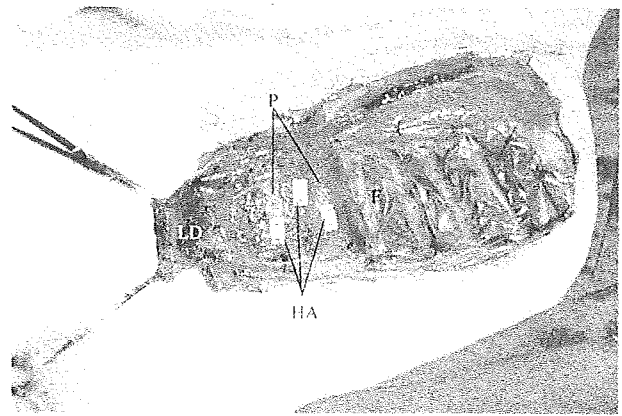


図 1 肋骨広背筋弁の骨膜部分 (P) および広背筋裏面に HA ブロック (HA) を縫着した部分

P: 骨膜, LD: 広背筋, HA: ハイドロキシアパタイトブロック, F: フィルム

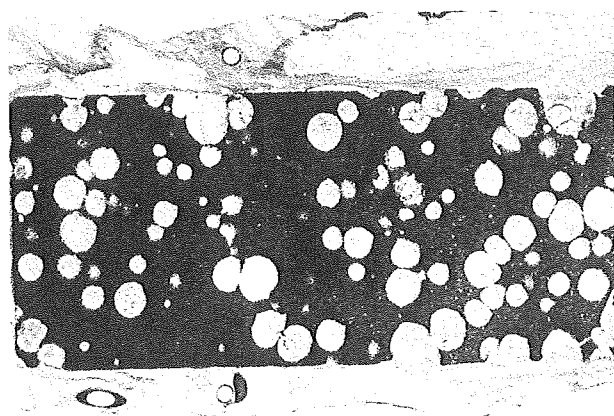
内に線維性結合組織の形成はみるものの, 骨形成は認められなかった (図 3)。

rhBMP-2 添加群では, 術後 4 週ですべての HA ブロックの全気孔内に線維性結合組織の形成を認め, 一部の気孔内で, 類骨様組織が観察された。術後 8 週では, 検体の一部で標本上のほぼすべての気孔内に類骨様組織の形成を認め, それらを取り囲むように石灰化骨が形成されている様子が観察された。また, 検体のうち約 60% にブロック周囲で, 層板構造を示す石灰化骨による異所性骨形成が認められた (図 4, 5)。

なお, いずれの検体においても皮弁採取部の下床から連続する結合組織や骨形成は認められなかった。

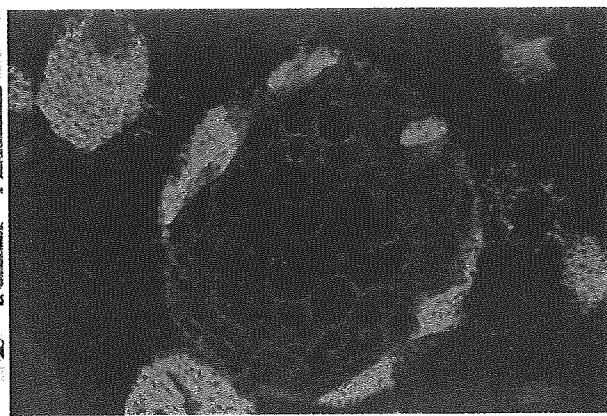
III 考 察

骨再生においてわれわれが採用している基本的な考え方は, 有効な血行を有する細胞供給源として肋骨骨膜付き広背筋弁 (実験では, 臨床的に応用範囲が広い肋骨骨膜付き広背筋弁に対応した日本白色家兎実験モデルを採用) を用い, これに細胞を立体的に配置させる足場として多孔性連通性 HA を密着させ, さらに骨形成因子を補助的に促進因子と



(a) Villanueva bone stain, ×40

ほぼすべての気孔内に線維性結合組織の形成を認め、骨膜圧着面に近い気孔内に骨組織が観察された。



(b) 走査レーザー蛍光顕微鏡, FITC

気孔内に脂肪織を伴った線維性結合組織を認め、それを取り囲むように気孔壁に沿って骨組織が形成されている。

図 2 骨膜圧着群。術後 12 週の状態

して添加することで、血行を有する人工的な骨組織の作製を目指している。本法は、生体材料（骨膜弁）と人工骨（HA）が融合したいわゆるハイブリッド型人工骨を作成し、生体の自然治癒力を利用して骨組織を生体内で再生させる組織再生法の一つと位置づけることができる。また、生体内でハイブリッド型人工骨が機能するために必要な血行の供給も、血管柄付き骨膜弁から得られることから、より臨床に即した血管柄付き人工骨の実験モデルの一つと考えられる。その中で rhBMP-2 は、骨組織再生の骨形成促進因子として、骨形成期間の短縮をはかるために、あくまでも補助的に用いるとの立場をとっている。

今回の実験において、観察期間中、rhBMP-2 非添加群では、筋肉圧着 HA ブロックの気孔内では骨形成は認められなかったが、骨膜圧着 HA ブロックでは、経時的に骨形成が進行していく様子が観察され、新生骨は組織学的に層板構造を持った成熟した骨組織であった⁹⁾。このことから、血管柄付き骨膜から HA 気孔内への方向性を持った骨新生により、ハイブリッド型人工骨作製の可能性が示唆された。しかし、新生骨がどの深さまで到達するかは、3 カ月という観察期間

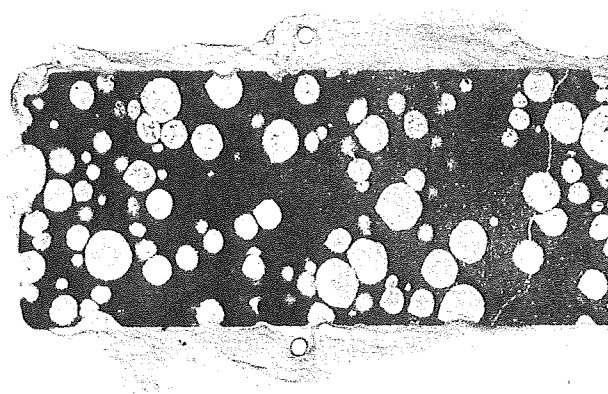


図 3 広背筋圧着群，術後 12 週間の状態。
粗な線維性結合組織の形成を認めるのみである
(Villanueva bone stain, ×40)。

では結論を出すことはできず、また、骨膜弁の血行形態にも左右されると考えられるため、さらなる長期間の検討を要する課題である。また、圧着させた骨膜に、より近い気孔から骨形成が誘導される可能性が示唆された。

rhBMP-2 添加群では、骨膜圧着および筋肉圧着したすべての HA ブロックで、術後 4 週から気孔内に類骨や石灰化骨などの骨組織の活発な形成が認められた。したがって、われわれの実験モデルでも rhBMP-2 による新生骨形成の増強作用が確認されたが、同時にブロック周囲に異所性骨形成も観察された。

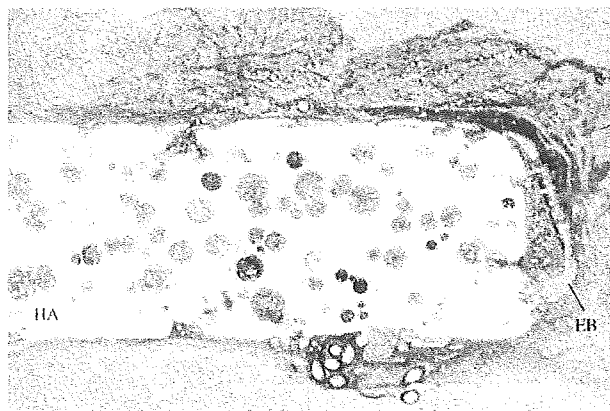


図 4 BMP 添加骨膜圧着群，術後 12 週の状態
ほぼ標本全体の気孔内に骨組織が観察された。
また，HA ブロックを超えて過形成された形で，
異所性骨形成も認められた (Villanueva bone
stain, $\times 40$)。

HA：ハイドロキシアパタイト，EB：異所性化骨

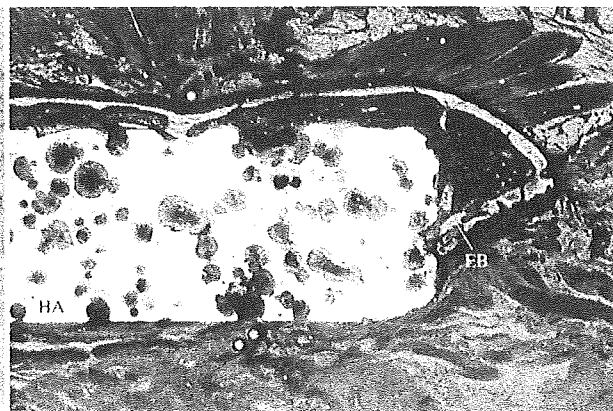


図 5 BMP 添加広背筋圧着群，術後 12 週の状態

気孔内に線維性結合組織の形成を認め，軟骨
様組織や類骨様組織が観察された。また，気
孔壁に沿って骨組織の形成も認められた
(Villanueva bone stain, $\times 40$)。

異所性化骨の形態は，HA ブロックに連続して，骨組織が周囲に拡散している様子が観察された。これは，HA ブロックに rhBMP-2 を添加しただけでは周囲に拡散してしまい，結果的にブロック周囲の異所性骨形成が起こったと思われる。骨形成を目標とする足場内に骨増殖因子を留め，徐放する基質との併用をいかにコントロールするかが今後の課題として挙げられた。また，rhBMP-2 添加群において，形成された骨組織の成熟度は，骨膜群と筋肉群の間でほとんど差が認められなかった。このことから，rhBMP-2 を添加した場合，血管柄付き人工骨作製において，骨膜の必要性に疑問も生じるが，今回の実験結果のみからは骨膜の必要性について言及することはできない。この問題については，添加した rhBMP-2 が失効した後の新生骨の生体内での経時的変化に関する長期的観察を経て，議論されるべきであると思われる。

HA 気孔内への血管新生については，HA 気孔内に骨膜から線維性結合組織が進入して行くのと同時に，毛細血管の新生も起こっているものと推測される。しかし，今回行った Villanueva bone stain では，骨・軟骨以外の軟部組織を観察することはできないため，現

在 HE 標本による血管新生の経時的変化について解析中であり，結果は別の機会に報告したい。血管柄付き人工骨の移植法には，欠損部以外の生体内で人工骨 (HA) の pre-fabrication を行ってから移植する方法と，血管柄付き骨膜弁に縫着した HA を欠損部に移行する，あるいは，欠損部に充填した HA を骨膜弁で被覆する方法の 2 通りが考えられる。臨床的には，状況に応じた選択がなされるものと思われるが，荷重部あるいは感染創でなければ，後者の方法は，病悩期間を短縮するのに有効であると思われる。

以下に，骨再生において重要な要素である細胞の足場，骨膜および BMP について，われわれの実験系と関連させながら考察する。

1. 足場の素材としての多孔性 HA

現在，骨再生の足場として臨床的に用いられている素材として，金属，高分子重合体，セラミックスおよびそれら複合体，生体由来材料などが挙げられる¹⁷⁾。

セラミックスの中でも HA は，生体親和性に優れており，近年，整形外科，脳外科，形成外科，歯科領域で人工骨として広く使用されている¹²⁾¹³⁾。多孔性連通性 HA は，その