

その他(試案)

新しい皮弁分類法の提唱

血管吻合を考慮した新しい皮弁手術手技分類法

小川 令 百束 比古

日本医科大学形成外科学

Novel Classification of Flaps

Rei Ogawa and Hiko Hyakusoku

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Nippon Medical School

Abstract

In the field of reconstructive surgery, the flap developed as an outcome of the quest for suitable sites for reconstruction and greater operative safety and quality. Over time, new flaps such as “ perforator flaps ” were developed, and a need arose for a system to categorize these flaps. We proposed a new flap classification method based on the operative techniques necessary for their use. Initially, we classified all flaps according to whether vascular anastomoses were needed or not in the operation. Flaps that did not require vascular anastomoses were classified as “ Non-anastomosed pedicles ” (N) and those that did were dubbed “ Anastomosed pedicles ” (A) In the case of combined flaps, we notated the number of pedicles in the following way: Type N₀A₁, Type N₁A₁, etc. Our sequence of notation is: 1. pedicle type; 2. vascular name or tissue name of the pedicle; 3. component of the flap; 4. other important information about the flap. These are compartmentalized using a slash (/)

(日本医科大学医学会雑誌 2005; 1: 26-32)

Key words: Classification, perforator flap, super-thin flap, free flap, pedicled flap

序 文

皮弁は、近傍の欠損組織を再建する局所皮弁から発達し、後に遠位部を再建する筒状皮弁などの遠隔皮弁が開発された。そして1973年のDaniel、1974年の波利井による血管吻合を用いる皮弁術の成功により“遊離皮弁”という概念が確立され¹、完全な自由度を得るに至った。すなわち皮弁の発展は再建可能部位の追求であり、それは皮弁移動自由度(Freedom of flap: FOF)の探求であった。

また同時にそれらに加えて、安全性の追求、採取可能組織の追求、機能の追求(薄さなど)、採取部位の

犠牲軽減の追求など、皮弁の質(Quality of flap: QOF)の探求が試みられてきた。光嶋らによる穿通枝皮弁²や、われわれの真皮下血管網皮弁^{3,4}もそれら皮弁の質の探求から生まれたものであると言って良い。

一方で皮弁の分類は、新しい皮弁が開発される度に新たに命名され、それが慣用化しているのが現状である。その都度、従来の名称が残存してきたため、概念を理解する上で必ずしも適切とはいえないものが多い。

今回は皮弁分類に対する考え方の歴史的経緯をふまえ、われわれの提唱する、従来とは全く異なる観点から見た、新しい皮弁分類法、記述法について述べる。

1. 皮弁内の血行形態による分類

従来、皮弁は血行形態において axial pattern flap(主軸型皮弁), random pattern flap(乱軸型皮弁) の二つに分類する方法が一般的であった⁵。axial pattern flap は皮弁を栄養する主要動静脈を有する皮弁であり, random pattern flap は皮弁を栄養する特別な主要血管を有しない皮弁を意味している。しかしながら臨床的には光嶋らによる穿通枝皮弁², われわれの真皮下血管網皮弁^{3,4} など薄い皮弁の出現により, また解剖学的には chook vessel⁶ などの発見によって, その考え方を再考せねばならない時期が来た。すなわち従来, 皮弁全体としては random pattern と考えられる皮弁でも, それに含まれる微小血管が吻合可能となり, axial pattern と考えられる皮弁が出現したためである。もちろん歴史的に見て groin flap(単径皮弁) や radial forearm flap(橈骨前腕皮弁) が axial pattern flap であることや, Z 形成術の小三角弁が random pattern flap であることに異論はない。しかしその中間に位置するすべての皮弁を明確に axial pattern と random pattern に分類するのは困難となった。

また筋皮弁においては, 筋肉を栄養する固有血管を基部までたどれば一般的に axial pattern となるが, 筋皮弁の採取方法, 移植方法によっては random pattern と成り得る。axial pattern と random pattern という考え方はわかりやすい概念であるが, 今後は限られた意味でのみ使用される分類となると考えられる。

2. 皮弁に至るまでの血行形態による分類

丸山^{7,8}, Nakajima⁹ らは Fasciocutaneous flap(筋膜皮弁) の分類として, 6 型分類を報告しており, 佐藤らはすべての皮弁を 7 型¹⁰ ないし 8 型¹¹ に分類している。Nakajima の分類⁹ は

Type I: direct cutaneous vessels

Type II: direct septocutaneous vessels

Type III: direct cutaneous branch of muscular vessels

Type IV: perforating cutaneous branch of muscular vessels

Type V: septocutaneous perforator

Type VI: musculocutaneous perforator

というものであり, 佐藤の分類¹¹ は,

Type I: Direct cutaneous vascular system

Type II: Intermuscular cutaneous vascular system

Type II-1: Septocutaneous vessel

Type II-2: Intermuscular cutaneous vessel

Type II-3: Intermuscular cutaneous perforator

Type III: Muscular cutaneous vascular system

Type III-1: Direct cutaneous vessel (penetrating through muscle) of muscular vessel

Type III-2: Musculocutaneous perforator

Type III-3: Direct cutaneous vessel originating from muscular vessel

Type IV: Osteo (-musculo) cutaneous vascular system

というものである。

これらの血管解剖学的考察に基づいた分類は皮弁を理解するのに重要であり, 皮弁挙上方法や生着域の検討に有用である。しかし皮弁の生着には解剖学的要素に加えて生理学的要素も多分に関与し, 皮弁は挙上した時点でその血行動態は如何様にも変化し得る。また皮弁術は血行動態を変化させることによって成り立つ手術であるとも言える。よってこれらの分類に基づいて術前に皮弁の生着域を明確に判断するのは困難であり, 経験則によるものが大きいのが現状である。今後のさらなる血行生理学的な側面をも加味した分類法に期待したい。

3. 皮弁の構成成分による分類

「皮弁」を“皮膚を含む移植組織で, 移植直後から血流によって養われるもの”と定義すると, cutaneous flap(狭義の皮弁もしくは皮膚弁), fasciocutaneous flap(筋膜皮弁), musculocutaneous flap(筋皮弁), septocutaneous flap(中隔皮弁), osteocutaneous flap(骨皮弁) などに大別される。cutaneous flap をさらに subdermal flap, dermal flap, subcutaneous flap, cutaneous flap の四つに分類し, 前者三つを thin flap と定義する報告もある⁸。皮弁は理論上, 種々の組織を選択して composite flap(複合皮弁) として採取可能であり, 特殊なものとして onychocutaneous flap(爪皮弁) なども報告されている¹²。その他複数の茎を持ち, 皮弁どおしを連結させた形態をとる combined flap(連合皮弁) という考え方もある¹³。

実際の医療現場では, 「皮弁」は皮膚を含むものに限らず広義に解釈され, adipofascial flap(筋膜脂肪

弁), muscle flap (筋弁)なども含めて使用されることが多い。これらは2004年形成外科学会総会(東京)で提案されていた「組織弁」に分類されるのが妥当であろう。また、従来より血管束のみを茎とする island flap(島状皮弁), 神経血管束を茎とする neurovascular island flap(神経血管島状皮弁)などの概念があるが, これらはいかなる組織を付着させるかという“手技”に大きく左右される概念であり, 特殊な形態で採取された皮弁を表現する手段であるといえよう。

4. 皮弁の移動方法による分類

皮弁は大別して, 局所で用いるか遠隔部で用いるかで local flap (局所皮弁) と distant flap (遠隔皮弁) とに分類できる(以下 A 分類とする)。また, 採取部から切離するか否かで, pedicled flap (有茎皮弁) と free flap (遊離皮弁) とに分類されることもある(以下 B 分類とする)。また, direct flap (直達皮弁) と indirect flap (介達皮弁) に分類する方法も従来より提唱されている(以下 C 分類とする)。

局所皮弁と遠隔皮弁に分類する A 分類では, 遊離皮弁は遠隔皮弁の一つだが, 一般的に distant flap (遠隔皮弁) という, 遠隔部位で二期的に皮弁を切離するものを想像しやすく, また遊離皮弁があまりに標準となったため, 通常用いる概念として遊離皮弁を遠隔皮弁のなかに位置づけるのは難しい。また, この分類ではどこが“局所”と“遠隔部位”の境界であるかという問題がある。たとえば上眼瞼皮膚欠損に対して下眼瞼から上眼瞼に皮弁を有茎のまま移植し, 二期的に切離する switch flap は local flap か distant flap か意見の別れるところである。「局所」を解剖学的または機能的部位内とするか, エステティックユニット内とすべきかなど, 明確な定義はない。また「局所皮弁」は, 通常小さいイメージがあるため, 遊離とはしないものの, 遠隔部位をも再建できる大きい皮弁については「局所皮弁」に分類し難い。これらに対して丸山は regional flap (区域皮弁) という概念 (axial な血行をもつ皮弁の総称) を提唱しているが⁸⁾, 血行形態の概念が含まれるため, 移動方法の分類としては位置づけるのは適切でない。

pedicled flap (有茎皮弁) と free flap (遊離皮弁) に分類する B 分類では pedicled flap (有茎皮弁) という概念が曖昧である。なぜならば, いかなる遊離皮弁も血管茎を有しているはずで, そういう意味では free flap は広義の pedicled flap である。ここで興味深いのは, 遊離皮弁に対応する皮弁の名称 (非遊離の

皮弁を示す総称) が未だにないことである。attached flap (著者による造語: 遊離されず付着している皮弁) などを提案したい。

direct flap (直達皮弁), indirect flap (介達皮弁) に分類する C 分類において, a. 直達皮弁は一期的に皮弁を移植部へ到達させる皮弁, 介達皮弁は介在部へいったん移植した後に二期的に移植部へ到達させる皮弁として考えられる場合と¹⁾, b. 直達皮弁は皮弁作製部位に移植床を移動させる皮弁 (四肢が適応となる), 介達皮弁は皮弁を移植床に移動させる皮弁として考える²⁾ 二通りがある。a. では介達皮弁は secondary flap (二次皮弁) や prefabricated flap (プレハブ皮弁) を意味し, b. の定義では介達皮弁にほとんどの皮弁が含まれることとなる。両方とも教科書の記載であり, これらの用語が明確な定義なしに用いられていることがわかる。

また狭義の local flap には advancement flap (前進皮弁), rotation flap (回転皮弁), transposition flap (転位皮弁) の基本三型があり, 臨床上わかりやすく便利である。

5. その他の分類

ほとんどすべての皮弁はいままで記述してきた 1. から 4. までに当てはめることができるが, 特別な概念を有する皮弁がある。その代表が, 動静脈の末梢端を茎とする reverse flow flap (逆向性皮弁), 時間的な概念が加わる Secondary vascularized flap (二次血行皮弁) や Prefabricated flap (プレハブ皮弁) である。その他 delay を行った delayed flap (遷延皮弁), expander を用いた expanded flap (エキスパンダー皮弁) 静脈のみを茎とする venous flap (静脈皮弁) などがある。

6. われわれの提唱する手術手技分類法

先述してきたように従来の皮弁の分類は解釈も様々で, 言葉の定義も曖昧であるものが多い。その原因の 1 つに, 皮弁を解剖学的側面からしか見ていないことが挙げられる。われわれは皮弁は「1. 解剖学的要素」「2. 生理学的要素」「3. 手術手技的要素」の 3 要素から成ると考える (図 1)。皮弁は血管や構造物といった解剖学的要素に加え, 血流や酸素必要量といった生理学的要素が多分に関わっている。それに皮弁の重要な要素である血管の構造は非常にバリエーションがあり, 末梢に行けば行くほどその不確定要素は増加す

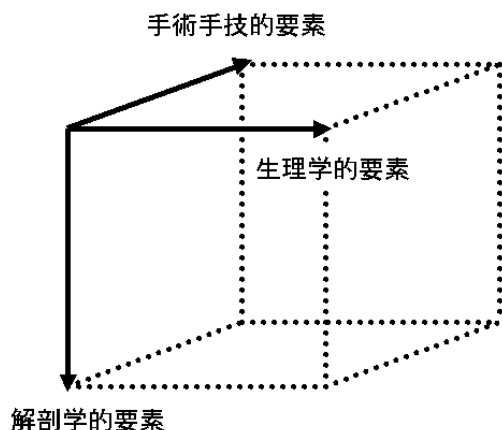


図1 皮弁の3要素

皮弁の本質には、解剖学的要素に加え、生理学的要素、手術手技的要素が多分に関与している。

Type N_iA_m// (茎の情報) / (皮弁の構成物) / (その他重要な情報)

図2 われわれの提案する皮弁の記載法

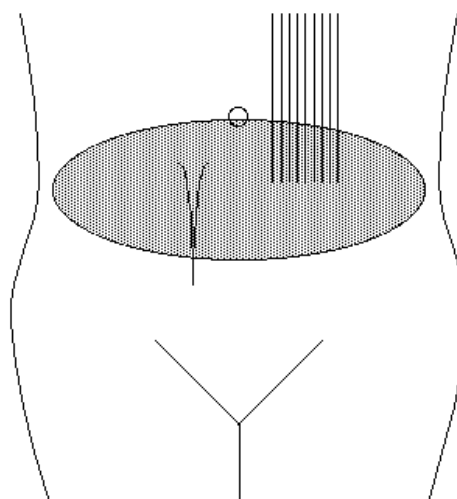
Nは血管吻合をしない茎，Aは血管吻合をした茎を示し，それぞれの個数を右下に記載する。茎の情報で，茎が複数ある場合は「+」を用いて順次記載していく。

る。ここが一般の外科手術と異なるところである。すなわち穿通枝やそれより末梢の血管の存在が重要な意味をもつ皮弁において、解剖的側面のみからの分類法は難しい。

もちろん前述してきた従来の皮弁分類のそれぞれの探求は重要である。日本語和訳や、もともとの英語の問題なども改善することにより、より良い分類は可能であると考えられる。

しかしここでは、われわれが提唱する、最も臨床に即した「手術手技」に基づいた分類法および記述法を新しく提案したい。

そもそも「皮弁とは何か」を考えた際、皮弁とは「皮弁を挙上した時点」と「皮弁を移植した時点」の2点で決まるものであると言える。すなわち「皮弁を挙上した時点」で皮弁を構成する構造物が決まり、「皮弁を移植した時点」で皮弁に流入する血流が決まる。そこで皮弁をまず二種類に分類するとすると、血行再建すなわち血管吻合をしているか否かでまず分類できることがわかる。そこですべての広義の皮弁（組織弁と言ってもよい）を、血管吻合する茎を持つか持たないかで分類する。従来の free flap や pedicled flap, local flap といった概念は用いない。血管吻合しない茎は



N₁A₁//Lt. Rectus abdominis muscle + Rt. Deep inferior epigastric (a₁v₂) /Skin + Fat (superficial layer)

図3 記載例

Harashina¹⁴)による Supercharged TRAM flap の記載例

Supercharge という概念も、茎を2つ持つ皮弁として考える。一つは吻合を要しない従来のままの血流を用いる筋茎，もう一つは血管吻合にとって新たな血流を用いる血管茎である。

Non-anastomosed pedicle (N) とし、吻合する茎は、Anastomosed pedicle (A) とする。連合皮弁のような茎を複数有する皮弁を考慮し茎の数も同時に記載し、Type N₀A₁, Type N₁A₁ などのように記載することとした。例えば通常の radial forearm flap は Type N₀A₁ となり、Harashina¹⁴ らによって報告された Supercharged TRAM flap は、Type N₁A₁ となる。われわれの行っている Occipito-Cervico-Dorsal (OCD) “Super-thin flap” においては皮膚茎に加え微小血管束を多数付加することがあり、Type N₁A₂ などが多く使用される。

次からは、インターネットの階層構造を意味するアドレスのように、重要な概念から順次「/」(スラッシュ)で区切り、記載していくことを考えた。記載順序としては、(茎となる血管名および組織名) / (皮弁の構成成分) / (その他の重要な概念) を提唱したい(図2)。わかりやすいように1987年に報告された Harashina¹⁴ による Supercharged TRAM flap について考えていくこととする(図3)。左の腹直筋を pedicle として、対側の DIEA を Supercharge しているとすると、まず Type N₁A₁ と記載できる。次に茎の情報であるが、解剖学的名称を用い、Lt. Rectus abdominis

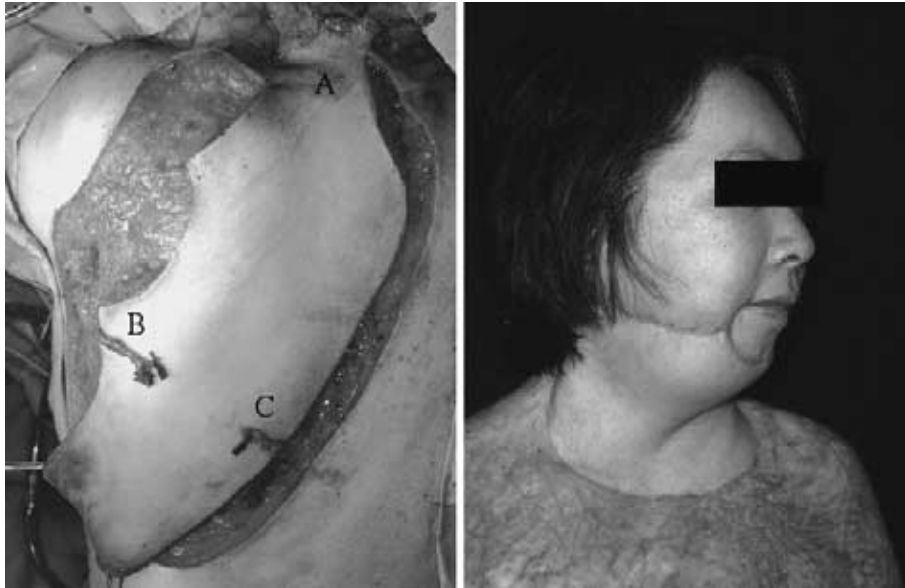


図4 症例1

$N_1A_2//Lt.$ Nape skin pedicle + Lt. Circumflex scapular (a_1v_1) + Lt. 7th dorsal intercostal perforator (v_1) /Skin + Fat (super-thin layer)
 左 OCD 真皮下血管網皮弁にて再建した頸部瘢痕拘縮症例である。本皮弁の場合、皮膚茎 (A)・肩甲回旋動静脈 (B)・背部第7肋間穿通枝 (C: 静脈のみ) の3つの茎を有する。皮膚茎以外は血管茎なので Type N_1A_2 の皮弁である。また脂肪層は最小限に付着させ真皮下血管網皮弁 (Super-thin flap) としている。また常用されている略称を用いて、 $N_1A_2//$ Nape skin + Lt. CS (a_1v_1) + Lt. 7th DICP (v_1) /Skin + Fat (super-thin layer) と短く記載しても良い。

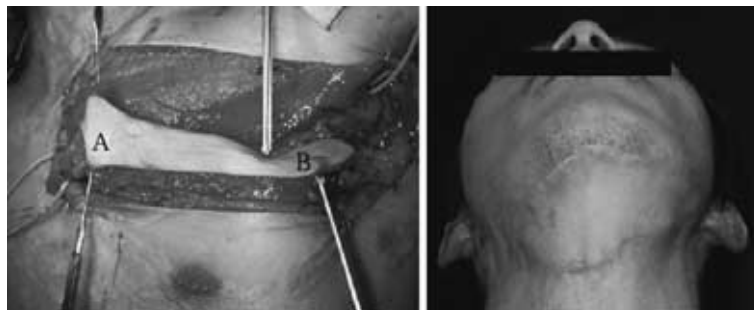


図5 症例2

$N_0A_2//Lt.$ 2nd pectoral intercostal perforator (a_1v_1) + Lt. Thoracic (a_1v_1) /Skin + Fat (super-thin layer)
 左胸部より採取した真皮下血管網皮弁にて再建した頸部瘢痕拘縮症例である。本皮弁の場合、胸部第2肋間穿通枝 (A) と外側胸動静脈 (B) の茎を有する。皮膚茎はないため、Type N_0A_2 の皮弁である。また脂肪層は最小限に付着させ真皮下血管網皮弁 (Super-thin flap) としているため、皮弁に付着させた脂肪層は Fat (super-thin layer) としている。

muscle と、Rt. Deep inferior epigastric vessel を記載する。血管は動脈を何本つないだか、静脈を何本つないだかも重要であるため、必要があれば pedicle ごとに吻合血管数を明記することにする。よって Type $N_1A_1//Lt.$ Rectus abdominis muscle + Rt. Deep

inferior epigastric (a_1v_2) と記載できる。

つぎに皮弁の構成物であるが、この皮弁が筋膜を含めず、皮膚全層と脂肪層の浅層から成るとすると、skin + fat (superficial layer) と記載する。Type $N_1A_1//$ Lt. Rectus abdominis muscle + Rt. Deep inferior



図6 症例3

$N_1A_1//Lt. Deep inferior epigastric (a_1v_1) + Lt. Abdominal skin pedicle/Skin + Fat (super-thin layer) /staged flap$

左腹部より採取した真皮下血管網皮弁にて再建した左手背癒痕拘縮症例である。本皮弁の場合、左深下腹壁動静脈(A)と術中に血管を同定していない皮膚茎(B)を有する。Type N_1A_1 の皮弁である。また本皮弁は一時的に移植床を皮弁採取部に移動させ、二次的に切離するため、最後に段階的手術の意味で staged flap と記載している。

$epigastric (a_1v_2) / Skin + Fat (superficial layer)$ となる。さらにもしこの皮弁が expander を使用していたなど、特殊な情報を有する場合、 $N_1A_1//Lt. Rectus abdominis muscle + Rt. Deep inferior epigastric (a_1v_2) / Skin + Fat (superficial layer) /Expanded$ と記載できる。

ここでわれわれがこだわりたいのは、血管や筋肉などの名称について、あらかじめ使用できる解剖学的名称を決めておき、その中から使用するようになれば良いということである。そうすれば同じ皮弁なのに広背筋穿通枝皮弁と胸背動脈穿通枝皮弁といった2つの呼び名があるといったことで悩まずに済む。

また遊離でなくとも、肉眼で穿通枝を確認してそれを pedicle とした形で皮弁を挙上したら、vascular pedicle であり、Type $N_1A_0//Deep inferiorepigastric perforator (a_1v_1) /skin + fat$ と記載するが、皮弁を栄養する血管茎の存在を術中に確認しておらず、vascular pedicle とせず、臍周囲の皮下組織を茎とし

た局所皮弁は、似たような皮弁でも Type $N_1A_0//paraumbilical fat/skin + fat$ となる。すなわちこの分類法および表記法は手術手技に依存しており、従来の考え方と全く異なる手術手技分類法・表記法と考えられる。われわれが再建に利用する真皮下血管網皮弁などは、付着させる微小血管を増やすことにより従来では考えられなかった大きい皮弁を挙上可能であり、また多くの血管吻合を施行することがあるので、この分類法・表記法が特に有用である(図4~6)。

今後は皮弁もさらに進化を続けると考えられる。組織工学にて作成された組織を有する皮弁、ロボットによってさらに末梢の血管を吻合した皮弁などである。このような皮弁をも記載でき、また皮弁だけでなく組織移植全般にわたって表記できる分類法および表記法が期待される。今回の分類方法はこれをも表記することが可能な、統一的な分類法・表記法であると考えられる。

今後多くの事例を呈示し「茎から分類する、手術手技に基づいた皮弁の分類法・表記法」について第2報として報告予定である。

まとめ

皮弁の分類に関して(i)皮弁内の血行形態,(ii)皮弁に至るまでの血行形態,(iii)皮弁の構成成分,(iv)皮弁の移動方法,(v)その他,による分類を歴史的な背景を加え概説した。皮弁は「解剖学的要素」「生理学的要素」「手術手技的要素」の三要素から成るという考えに基づいて、「手術手技」に基づいた分類方法を呈示した。皮弁一般の表記方法および順序は、まず(吻合血管のType)を記載し、それ以降はインターネットの階層構造を意味するアドレスのように、重要な概念から順次「/」(スラッシュ)で区切り、記載していくことを考えた。記載順序としては、(茎となる血管名および組織名)/(皮弁の構成成分)/(その他の重要な概念)を提唱した。

(本内容は第47回日本形成外科学会総会(東京,2004年)で報告した。)

文献

1. 鬼塚卓彌: 形成外科手術書. 第2版, 1982; pp90-115, 南江堂 東京.
2. Koshima I, Soeda S: Inferior epigastric skin flaps without rectus abdominis muscle. Br J Plast Surg 1989; 42: 645-648.
3. Hyakusoku H, Gao J-H: The "super-thin" flap. Br J

- Plast Surg 1994; 47: 457-464.
4. 小川 令, 百束比古: SVN (Super-thin) flap の実際と今後の展望 穿通枝皮弁との関係を含めて . 日形会誌 2003; 23: 300-306.
 5. 中嶋英雄: 皮弁, TEXT 形成外科学, 藤野豊美, 田嶋定夫, 波利井清紀編. 第1版, 1996; pp56-67, 南山堂 東京.
 6. 山田 敦: 皮弁の概念と分類 I. 皮弁・筋皮弁実践マニュアル. 波利井清紀編. 第1版, 2002; pp10-15, 全日本病院出版会 東京.
 7. 丸山 優, 澤泉雅之: 新しい皮弁の概念と分類 (1). 皮弁移植法 最近の進歩. 1993; p5, 克誠堂出版 東京.
 8. 丸山 優: 皮弁. 標準形成外科学. 鬼塚卓彌編. 第4版, 2000; pp38-43, 医学書院 東京.
 9. 中嶋英雄, 今西宣晶: 最近 15 年間の新しい皮弁の概念と改訂した私達の皮弁分類法. 形成外科 2000; 43: 215-228.
 10. 佐藤兼重, 鬼塚卓彌: 血行形態による皮弁分類について. 形成外科 1990; 33: 3-13.
 11. 佐藤兼重, 清水裕紀, 木村直弘: 皮弁の新分類とその血行 血行から見た皮弁の分類についての一考察 . 形成外科 1996; 39: 1003-1010.
 12. Koshima I, Soeda S, Takase T, Yamasaki M: Free vascularized nail grafts. J Hand Surg 1988; 13: 29-32.
 13. Harii K, Iwaya T, Kawaguchi N: Combination myocutaneous flap and microvascular free flap. Plast Reconstr Surg 1981; 68: 700-711.
 14. Harashina T, Sone K, Inoue T, Fukuzumi S, Enomoto K: Augmentation of circulation of pedicled transverse rectus abdominis musculocutaneous flaps by microvascular surgery. Brit J Plast Surg 1987; 40: 367-370.

(受付 : 2004年 8 月 11 日)

(受理 : 2004年 12 月 1 日)