

## 手足の軟部組織再建に有用な穿通枝皮弁

岡山大学大学院 歯科学総合研究科 形成再建外科 光 嶋 勲  
(現：東京大学大学院 医学研究科 形成外科学)

**Key words :** Perforator flap (穿通枝皮弁)

RAP flap (橈骨動脈穿通枝皮弁)

TAP flap (胸背動脈穿通枝皮弁)

ALT flap (前外側大腿皮弁)

**要旨：**現在多用されている筋皮弁・筋膜皮弁から筋・筋膜を除去し、筋間穿通血管または筋間中隔穿通血管のみを茎としても広範囲の皮弁が生着する。穿通血管を茎とするこのような穿通枝皮弁は0.8mm前後の微細血管吻合技術の確立によって短血管茎の遊離皮弁としても臨床応用されつつある。

代表的な上肢の穿通枝皮弁としては橈骨動脈穿通枝皮弁、軀幹部の穿通枝皮弁として腹直筋穿通枝皮弁（深下腹壁穿通枝皮弁、傍臍穿通枝皮弁）、広背筋穿通枝皮弁、殿筋穿通枝皮弁がある。

下肢における有用な穿通枝皮弁として、前大腿皮弁、内側大腿皮弁、後脛骨皮弁、内外果皮弁、足底穿通枝皮弁などがある。

穿通皮弁の特徴は、①主要な動脈・筋の犠牲がない②手術が短時間で終了する③thin flap にでき易い④皮弁採取部を自由に選択できる⑤穿通枝の解剖学的な位置に変異がある、などである。

### 穿通枝皮弁の概念

極小の（0.5-0.8mm）血管茎1本のみで、大径（3-1mm）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”ということで合意が得られた。

穿通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 neuro-cutaneous 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)などに分類するのがよい。

### 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<sup>6)</sup>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、Pennington とも腹直筋穿通枝を茎とする遊離腹壁脂肪弁による顔面半側萎縮症の再建を行った。

その前後において Ponten (1981)、西条 (1985)、Cormack (1984)<sup>4)</sup>、Nakajima (1986)<sup>5)</sup>、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年中頃より筋膜皮弁全盛時代を迎え、現在でもなお深筋膜血行の重要性が強調され続けている。

当時著者は筋膜を除いた皮弁でもその生着範

囲はそれを含めたもの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、筋膜血行を除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、これが筋膜皮弁に対する新しい皮弁（穿通枝皮弁）であることをはじめて強調した。Taylorら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<sup>6)</sup>。

この穿通枝皮弁の概念を背景とした最初の臨床応用例は1989年のKoshimaの報告<sup>4)</sup>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も報告された。

その後も後脛骨穿通枝皮弁、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。

## 穿通皮弁の海外における現状

穿通皮弁はすでに欧米においても多くの臨床応用がなされている。その背景として欧米では近年、乳房再建におけるTRAM flap使用後のドナーの合併症が予想外に高いことが判明した。そこで腹直筋筋皮弁に変わる再建材として深下腹壁動脈（腹直筋）穿通枝皮弁による再建が主流となりつつある。

本皮弁の国際的な普及とさらなる発展を目的として、1997年6月11-14日、第1回穿通皮弁と静脈皮弁に関するlive surgeryを中心とした講習会がベルギー・アントワープにて開催された。第2回穿通皮弁講習会は1998年11月ニューオリンズ（100名）で開催された。第3回ミュンヘン（1999年、300名）、第4回グラスゴー（2000年、50名）、第5回アントワープ（2001年、200名）、第6回台北（2002年10月）、第7回ロンドン（2003年10月）、第8回サンパウロ（2004年9月予定）で開催され続けている。

## 代表的な各種の穿通枝皮弁

### 1. 橈骨動脈穿通枝皮弁（radial artery perforator flap, RAP flap）

橈骨動脈から前腕背側に穿通する血管が数本あるが、これらは主に橈骨神経浅枝を栄養するものであり同時に皮膚栄養枝を派生している。この穿通枝1本で前腕後面に大きな皮弁が作成できる。最近では皮弁挙上後の瘢痕を最小限とするため脂肪筋膜弁のみを移植したのち植皮片で被覆することが多い（図-1 a, b）。

### 2. 胸背動脈穿通枝皮弁（thoracodorsal artery perforator flap, TAP flap）

広背筋ではその近位側において胸背動脈を源とする筋内穿通血管が数本存在する。本皮弁と肩甲骨の合併皮弁は仰臥位のままで採取できる。筋の中央部または遠位側では肋間動脈系を源とする筋内穿通血管が多数認められる。後者では第9肋間動脈の外側皮枝（筋穿通枝）などの太い血管茎も利用できる。

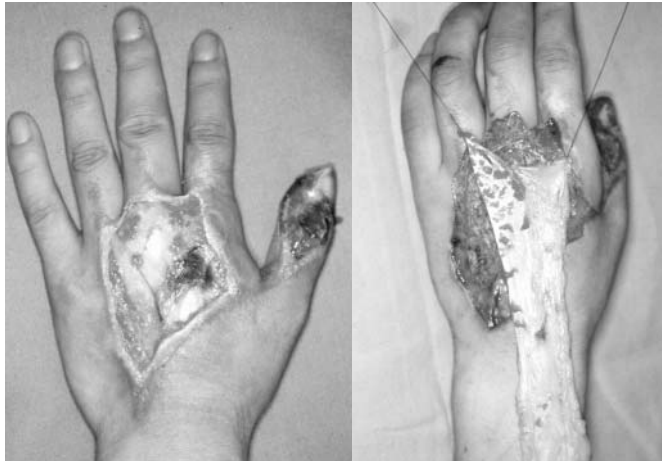
遊離広背筋穿通皮弁としては、近位側にデザインする肩甲下動脈系を茎とするもの、筋前縁部にデザインし、肋間動脈外側皮枝を茎とするもの、傍脊柱筋の穿通血管を茎とするものなども利用できる。

### 3. 外側大腿回旋動脈系（前外側・前内側大腿皮弁 anterolateral or anteromedial thigh flap, ALT or AMT flap）、大腿筋膜張筋穿通枝皮弁（TFL perforator flap）

著者らは過去17年にわたり約180症例に対し、前外側大腿皮弁を用い、多くの遊離皮弁の中で最も有用性が高いことを報告し続けてきたので詳細は略す。

前内側大腿皮弁の茎は外側大腿回旋動脈の内側下行枝から分岐する筋間中隔穿通枝である。この枝は大腿直筋と縫工筋の筋間中隔を通過し皮枝となる。この枝は時に欠損することがあるので全面的な信頼は出来ない。

著者の経験では、外側と内側の下行枝が同時に存在することは比較的少ない。また、外側下行枝が欠損する場合にはほとんどの場合、内側



手背 heat press 損傷（左）に対して穿通枝のみを茎とする島状橈骨動脈穿通枝筋膜脂肪弁を移行した後（右）、ソケイ部からの全層植皮片で被覆した。

Koshima I, et al.: The radial artery perforator-based adipofascial flap for coverage of the dorsal hand. Ann Plast Surg 1995; 35: 474-479. より引用

図－１ a 症例１ 26歳，女性．RF perforator AF flap



図－１ b 術後 6 ヶ月

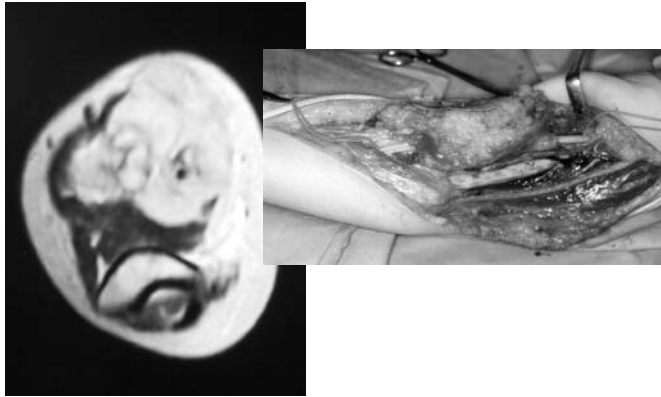
下行枝と本穿通枝が存在する．以上より前外側皮弁と前内側皮弁は発生学的に同一の血管茎であり，同一の皮弁とみなすべきではないか．他の解剖的変異として大腿直筋欠損を少なからず経験した．この場合多くは直筋と内側または外側広筋が合体していたが，下行枝と穿通枝は常に存在し，皮弁の挙上は可能であった（図－2 a, b, c）．

大腿筋膜張筋穿通枝皮弁の茎は外側大腿回旋動脈の横行枝が大腿筋膜張筋を穿通し，数本の

皮枝となるので，これを用いた筋を含めない穿通枝皮弁が挙上できる．血管茎が短いという短所があるが傷跡が目立たず筋皮弁にもできる．

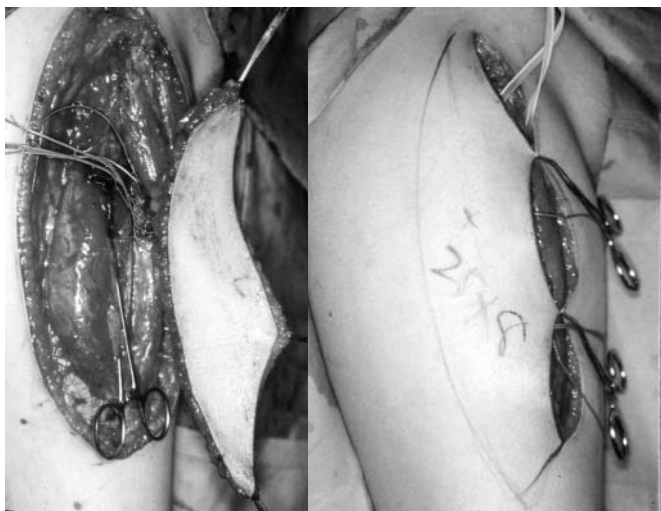
#### 4. 深下腹壁動脈穿通枝皮弁 (deep inferior epigastric artery perforator flap, DIEP flap)

深下腹壁動脈から分岐して腹直筋を穿通し，皮膚に入る穿通皮枝を茎とする皮弁は臍の周囲に作成できる．太い穿通枝は臍の周囲約 5 cm 以内にあることが多く，一本の穿通枝で 30×20 cm 大の大型皮弁を生着させることができる．



右上腕二頭筋遠位部に発生した横紋筋肉腫（左）にて肘前面の広範切除がなされた（右）。

図－2 a 症例 2 28歳，女性．Biceps Rhabdomyosarcoma



皮膚欠損は右大腿からの外側大腿回旋動脈を茎とする外側広筋穿通枝皮弁で再建。上腕動脈と正中神経の12cm欠損は大伏在静脈と血管柄付き大腿神経移植片で再建。上腕二頭筋遠位欠損は筋膜移植で再建された。皮弁採取部は縫縮された。

図－2 b 外側大腿回旋動脈を茎とする外側広筋穿通枝皮弁で再建

さらに一期的に脂肪除去が可能であり薄層皮弁にできる。本皮弁では腹直筋がその運動神経と共にほとんど損傷されず温存されるため、特に欧米で乳房再建を中心として近年使用頻度が増えつつある。

##### 5. 殿筋動脈穿通枝皮弁（superior gluteal artery perforator flap, S-GAP flap ; inferior gluteal artery perforator flap, I-GAP flap）

殿部には殿筋を穿通する筋内穿通動脈が多数

存在する。特に仙骨周辺は殿筋を穿通する皮枝が仙骨外縁に沿って存在する。これらの傍仙骨部穿通血管を用いた島状の穿通皮弁は、片側殿部ほぼ全領域が生着するので仙骨部の褥瘡に対して有用である。

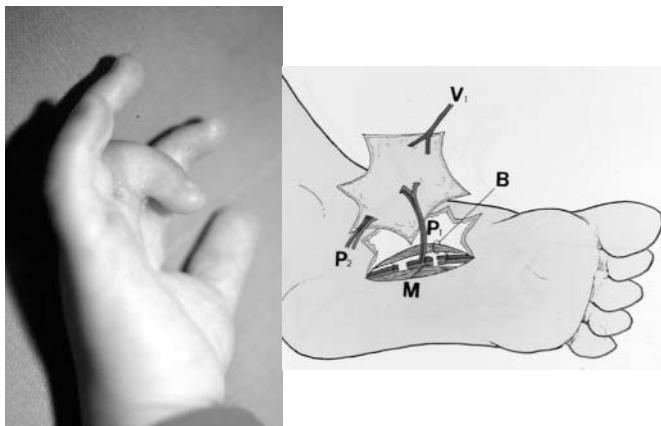
遊離殿筋穿通皮弁の茎は、殿部中央部のやや太い（0.5mm）穿通血管を筋の深層まで剥離した上で遊離皮弁として皮膚欠損部に移植する。下殿部の瘢痕は座位時に問題となるため上



肘屈曲は良好(右)で、術後のチネル徴候の進行は速く手掌知覚回復は m 2 PD : 5 ~ 10mm と良好 (左)。

(Koshima, I, et al. : Vascularized femoral nerve graft with anterolateral thigh true perforator flap for massive defects after cancer ablation in the upper arm. Reconstruct Microsurg 2004 ; 19 : 299—302. より引用)

図一 2 c 術後 2 年半



炊飯器の蒸気による熱傷瘢痕拘縮。左足底から内側足底動脈穿通枝皮弁を採取した。

(Koshima I, et al. : Free medial plantar perforator flaps for the resurfacing of finger and foot defects. Plast Reconstr Surg 2001 ; 107 : 1753—1757. より引用)

図一 3 a 症例 3 1 歳，女児。Plantar perforator flap

殿部からの採取 (S-GAP flap) が望ましい。

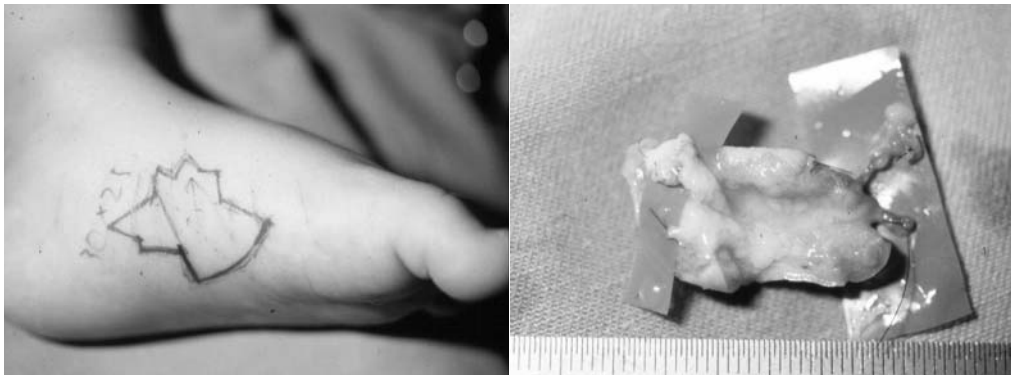
## 6. 内側足底動脈穿通枝皮弁 (medial plantar artery perforator flap)

母趾内転筋の内側縁に内側足底動脈からの穿通枝数本がある。これを穿通枝のレベルまたは内側足底動脈数センチを含めた短茎皮弁として

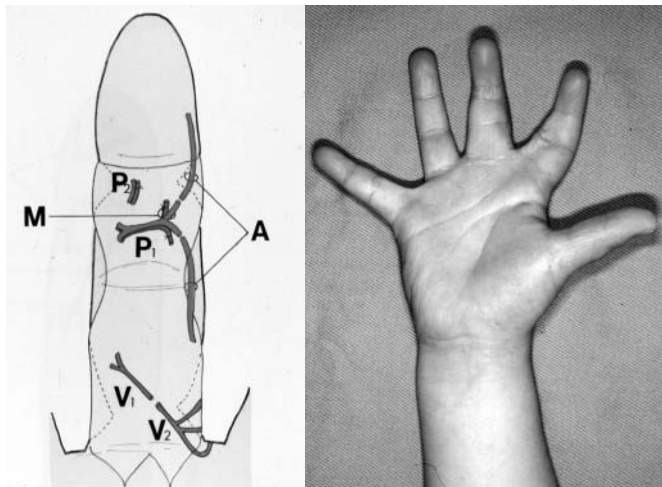
採取する (図一 3 a, b, c)。

## 7. 後脛骨動脈穿通枝皮弁 (posterior tibial artery perforator flap)

下腿内側には脛骨内縁に添って後脛骨動脈から派生する数本の筋間 (筋内) 穿通枝が存在する。屍体を用いた検索では、下腿遠位側 1/3



図ー 3 b 採取された皮弁のデザイン（左）と遊離皮弁（右）



図ー 3 c 皮弁の動脈を指動脈に flow-through 吻合し、皮弁の皮静脈を指掌側皮静脈に吻合した（左）。術後 8 年（右）。

の範囲内で脛骨内縁に添って多く存在し、内果より約10cm 近位に穿通枝がある確率が高い。

後脛骨動脈を犠牲としない島状穿通動脈皮弁として下腿遠位部の骨露出創の被覆に適する。また、本穿通枝は下腿部における伏在神経の栄養血管でもあるので、血管柄付伏在神経片、伏在神経皮弁が作成可能である。

また、下腿近位側1/3部で脛骨内縁部には骨膜と皮膚に至る穿通枝があり、これを用いれば

血管柄付骨膜皮弁、または骨膜脂肪弁が採取できる（図ー 4）。

#### 8. 内・外果部穿通枝皮弁（medial or lateral malleolar artery perforator flap）

足関節部の骨露出創の再建は、外果部であれば外側踵動脈の穿通枝、内果部であれば後脛骨動脈の穿通枝を用いた島状皮弁で被覆できる（図ー 5）。



左胫骨骨折整復固定後のプレート露出。下腿内側面から挙上した島状後脛骨動脈穿通枝皮弁（左）で再建した（右）。

(Koshima I, et al. : The vasculature and clinical application of the posterior tibial perforator-based flap. Plast Reconstr Surg 1992 ; 90 : 643—649. より引用)

図－４ 症例４ 21歳，男性。AT Posterior tibial perforator flap



右踵部の熱傷潰瘍に対し島状外果部穿通枝皮弁（左）で被覆した（右）。

(Koshima I, et al. : Medial and lateral malleolar perforator flaps for repair of defects around the ankle. Ann Plast Surg 2003 ; 51 : 579—583. より引用)

図－５ 症例５ 42歳，女性。Lateral malleolar flap

## 文 献

- 1 . Allen RJ, et al. : Deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction. Ann Plast Surg 1994 ; 2 : 32—38.
- 2 . Angrigiani C, et al. : Latissimus dorsi musculocutaneous flap without muscle. Plast Reconstr Surg 1995 ; 96 : 1608—1614.
- 3 . Cormack GC, et al. : A classification of fascio-cutaneous flaps according to their patterns of vascularization. Br J Plast Surg 1984 ; 37 : 80—87.

- 4 . Koshima I, et al. : Deep Inferior epigastric skin flaps without rectus abdominis muscle. Br J Plast Surg 1989 ; 42 : 645—648.
- 5 . Nakajima H, et al. : A new concept of vascular supply to the skin and classification of skin flaps according to their vascularization. Ann Plast Surg 1986 ; 16 : 1 —17.
- 6 . Song YG, et al. : The free thigh flap : A new free flap concept based on the septocutaneous artery. Br J Plast Surg 1984 ; 37 : 149—159.
- 7 . Taylor GI, et al. : The vascular territories (Angiosomes) of the body : Experimental study and clinical applications. Plast Reconstr Surg 1987 ; 40 : 113—141.
- 8 . Weinzwieg N, et al. : The distally based radial forearm fasciocutaneous flap with preservation of the radial artery : An anatomic and clinical approach. Plast Reconst Surg 1994 ; 94 : 675—684.



## 質疑応答

発言 1： 市立札幌病院 整形外科 佐久間隆

①穿通枝を見つけるのはドップラーだけでよいのか？

②皮弁の挙上時にタニケを使うか？

答：

①一番良いのはカラードップラーで、血管の走行、深さ、太さが手に取るようにわかる。

②当然タニケを使う。静脈に血液を少し残すようにしてタニケをする。

発言 2： 札幌医大 高度救急救命センター 土田芳彦

①1本の穿通枝で採取できる皮弁の大きさをどのように判断するのか、例えば、1mmの穿通枝でどのくらい採れるか？

②いくつかの穿通枝がある場合、細くても欠損部に近いものを用いるか、遠くの太いものを用いるか？

答：

①ドップラーの音の大きさでおおよそわかる。カラードップラーなら一層わかりやすい。また、身体の中の部位かにもよる。身体の中心部に近い部分では大きくとれ、膝下で比較的良好な穿通枝では15cmくらい、かろうじて見えるくらいの穿通枝でも5cmはとれる。

②欠損に近い穿通枝を用いるようにする。

発言 3： 帯広協立病院 佐藤幸宏

DMやASOの潰瘍でもドップラーが聞こえれば穿通枝皮弁は使用できるのか？

答：

警戒は必要だ。しかし、ドップラーが聞こえれば大抵は大丈夫だ。Antero-lateral thigh flapでbypassを作って、あるいはflow-throughにして、ASOによる広範な潰瘍の被覆と末梢血行の改善を得た症例を何例か経験している。