

考 察

病期の進行した下咽頭癌や喉頭癌などの治療は、下咽頭・喉頭・頸部食道の全摘術 (TPLE) が行われる場合が多い。TPLE 後の全周性欠損に対して、過去には前腕皮弁や DP 皮弁などの皮膚管による再建も広く行われていたが、瘻孔形成などの術後合併症の頻度が高いことが報告されるようになり⁵⁾、現在は遊離空腸移植 (FJT) による再建が第一選択で標準術式と考えられている。

当院では、1982年に1例目のTPLE + FJTの手術が海老原・波利井によって行われたが、このときの手術時間は7時間20分、出血量は520ccであった。術後10日目にX線透視を行い、口側吻合部にわずかに造影剤の漏出を認めしたが、術後17日目に経口摂取を開始している。その後20数年経過しているが果たして、標準化が達成出来ているかどうかは疑問の余地がある。杉山らによる多施設共同研究では全国764例を集積し、手術時間や、出血量、術後の経口開始日数、在院日数などで施設間の差が大きい事を報告している⁶⁾。この事は、TPLE + FJTが標準術式と認知されているものの、実際には手技的なばらつきが大きいことを意味している。症例数の多い施設のほうが、ラーニングカーブは上昇しやすいのは当然であるが、少ない症例数で良好な成績を上げている施設もあるため、この様な調査に基づいて、今後は全国的に標準化されることが望ましいと思われる。

手術手技を標準化することは、治療の画一化を招く可能性がある一方で、術後合併症を減らすという観点からは非常に有用であると考えている。当院では概ね統一した術式が成立し、標準化がなされたと考えられる前後でその治療成績を比較したところ、瘻孔形成や吻合部狭窄の頻度は標準化後に著明に減少していた。またこれに伴って術後の

平均在院日数も31.7日から24.4日と著明に短縮しており、標準化による成績の向上がみとめられている⁷⁾。一方、手術時間の有意な短縮は得られなかったが、これは近年放射線化学療法が初回治療で選択される場合も多く、手術の困難さが増加している事が要因の一つではないかと考えている。

最後に、今後は手術の安全性に対する社会の要求が徐々に高くなる上に、放射線化学療法後のサルベージ手術の増加が予想される。これらの困難に立ち向かい、良好な成績を収めるためには、クリニカルパスの導入や多施設間の共同研究などを通じて、頭頸部外科医と再建外科医が協力して治療にあたる事が重要であると考えられる。

文 献

- 1) Singh B., Cordeiro P.G., Santamaria E., et al: Factors associated with complications in micro-vascular reconstruction of head and neck defects. *Plast Reconstr Surg* 103 : 403-411, 1998
- 2) Serletti J.M., Higgins J.P., Moran S., et al: Factors affecting outcome in free-tissue transfer in the elderly. *Plast Reconstr Surg* 106 : 66-70, 2000
- 3) Penel N., Lefebvre D., Fournier C., et al: Risk factors for wound infection in head and neck cancer surgery: a prospective study. *Head Neck* 23 : 447-455, 2001
- 4) Kimata Y., Uchiyama K., Sakuraba M., et al: Simple Reconstruction of Large Pharyngeal Defects with Free Jejunal Transfer. *Laryngoscope* 110 : 1230-1233, 2000
- 5) Naatsuka T., Harii K., Asato H., et al: Comparative evaluation in pharyngo-oesophageal reconstruction : Radial Forearm Flap Compared with Jejunal Flap. A 10-Year experience. *Scan J Plast Reconstr hand Surg* 32 : 307-310, 1998
- 6) 杉山成史, 木股敬裕, 関堂 充他: 咽頭喉頭頸部食道摘出術後の再建における多施設共同研究 頭頸部癌 32 : 486-493, 2006
- 7) Sarukawa S., Sakuraba M., Kimata Y., et al: Standardization of Free Jejunum Transfer After Total Pharyngolaryngoesophagectomy. *Laryngoscope* 116 : 976-981, 2006

HEMODYNAMIC ALTERATIONS IN THE TRANSFERRED TISSUE TO LOWER EXTREMITIES

HIROYUKI SAKURAI, M.D., Ph.D.,* TAKASHI YAMAKI, M.D., MASAKI TAKEUCHI, M.D., Ph.D., KAZUTAKA SOEJIMA, M.D., Ph.D., TARO KONO, M.D., and MOTOHIRO NOZAKI, M.D., Ph.D.

A higher incidence of failure has been reported for free flaps transplanted to the lower extremities. However, the physiological background of this phenomenon has not been elucidated. We reviewed the 3-day postoperative hemodynamic data for 103 free flaps, including the in situ venous pressure ($N = 103$), arterial pressure ($N = 53$), and surface blood flow ($N = 42$). The cases were divided into two groups based on the recipient site, i.e., lower extremity (the LE group: $N = 29$) and the other (non-LE group: $N = 74$). The venous pressure was significantly higher in the LE group (26.6 ± 2.2 vs. 14.8 ± 1.2 mmHg), whereas the arterial pressure immediately after surgery was lower than the non-LE group. The hemodynamic data within the transferred tissues demonstrated significant differences between groups, especially in the early postoperative period. There is a possibility that the high venous pressure may aggravate the poor perfusion in tissues transferred to the lower extremities. © 2008 Wiley-Liss, Inc. *Microsurgery* 29:101–106, 2009.

Lower extremity reconstruction has enjoyed renewed interest with the development of free tissue transfers.^{1–3} However, thrombosis and flap failure remain major complications of this method. Despite improved overall success rates approaching 99% in several retrospective analyses of free flaps,^{4–6} transfers to the lower extremities still show failure rates of more than 10%, especially under posttraumatic conditions.^{2,7,8} Although a multitude of factors determine the success or failure of a microvascular free tissue transfer,⁹ the actual reason for the higher risk of flap failure in lower extremity reconstruction has not been elucidated. Infection has been suggested as a predominant cause of morbidity in free flaps transferred to the lower legs.¹⁰ However, other factors must be considered in the majority of cases of failure in which aggressive wound care and antisepsis were properly undertaken. Hypercoagulability associated with thrombocytosis may be related to the higher incidence of vascular thrombosis in lower leg reconstructions,¹¹ although this scenario also is applicable only to limited cases in limited situations.

The vascular system in the legs is unique because it has a high hydrostatic pressure during orthostasis,^{12,13} and it is easily affected by several disorders on both the arterial and venous sides. We hypothesized that tissues transferred to the lower extremities may present different hemodynamics compared with other parts of the body in the early postoperative period. Currently, we have developed a novel method for monitoring the flap circulation

with regard to the intraparenchymatous vascular pressure.¹⁴ This study is based upon data collected in patients who underwent microvascular free tissue transfer with this novel monitoring system. The patient profiles such as sex, etiology, and preferred tissue for reconstruction and recipient vessels were totally different among patient groups. In spite of these inherent differences, we decided that it would be informative to determine the hemodynamic characteristics in tissues transferred to different recipient sites.

PATIENTS AND METHODS

Patients

This study included 103 consecutive patients who underwent free tissue transfer with venous pressure monitoring between 2003 and 2007. This monitoring system, approved by the ethical committee of Tokyo Women's Medical University, included a continuous data acquisition system,¹⁴ therefore, we retrospectively reviewed hemodynamic data in the transferred flap. The patients with a history of cardiopulmonary disorder or hypertension were excluded in the study. All patients underwent surgery under general anesthesia. There were 38 female and 65 male patients. The patients ranged in age from 9 to 82 years, with a mean age of 54 years. The patients were divided into two groups depending on the recipient site, lower extremity (LE group; $N = 29$), and other sites (non-LE group; $N = 74$). The specific donor sites employed in the two groups are shown in the Table 1. In the LE group, we preferentially used the deep venous system rather than the superficial venous system as the recipient vein (Table 2). We included four cases of stasis ulcer because of superficial venous insufficiency, for which superficial venous stripping was performed prior to the free tissue transfer.

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Tokyo Women's Medical University, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8666, Japan

*Correspondence to: Hiroyuki Sakurai, M.D., Ph.D., 8-1 Kawada-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 162-8666, Japan. E-mail: bighiro@prs.twmu.ac.jp

Received 13 July 2008; Accepted 19 August 2008

Published online 22 October 2008 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI 10.1002/micr.20570

Venous Pressure Measurements

The patients were fully informed concerning the reasons, the technique of catheter placement, the details of

Table 1. Patient Profiles: Gender, Age, and Donor Site

	LE group (N = 29)	Non-LE group (N = 74)
Male/female	24/5	41/33
Age (year)	49 ± 4	52 ± 2
Type of tissues		
Anterolateral thigh flap	15	16
Groin flap	5	9
LD musculocutaneous flap	3	11
Omentum	2	
Fibula osteocutaneous flap	2	4
Rectus abdominis MC flap		12
Jejunum		7
Forearm flap		6
DIEP flap		3
DP		3
Others	2	3

the monitoring procedure, and the consequences as well as possible complications associated with catheter placement.

After completion of vascular anastomoses, an intravenous catheter (3 Fr, 1.0-mm OD, Atom Medical, Tokyo, Japan) was inserted into a side branch of the anastomosed vein. The catheter was then connected to a fluid pressure transducer (P23ID, Statham Gould, Oxnard, CA) and to a physiological recorder (BSS-9800, Nihon Kohden, Tokyo, Japan). The line solution of the venous catheter contained heparin at 10 U/ml in 0.9% sodium chloride, and the flow rate of the flush solution was ~3 ml/hr, resulting in continuous infusion of the heparin at 720 U/day. Zero calibrations were taken at the level of the right atrium.

Three days after the operation, the catheter was locked and disconnected from the transducer, but left in position for a further 4 days. Thereafter, the catheter was gently tugged at and withdrawn from the flap.

Table 2. Patient Profiles of the LE Group

No.	Sex	Age	Etiology	Flap	Recipient vessel		Measurement			Comment
					Artery	Vein	VP	AP	LDP	
1	M	29	Tibial bone open fracture	FOCF	PTA	PTV	+			
2	M	64	Intractable ulcer on the lower leg	ALT	ATA	ATV	+			
3	M	74	Intractable ulcer on the lower leg	Omentum	ATA	ATV	+	+		
4	M	71	Tibial bone open fracture	FOCF	ATA	ATV	+			
5	M	35	Traumatized lower leg	ALT	ATA	ATV	+	+		Arterial thrombosis
6	M	59	Intractable stasis ulcer on the lower leg	Omentum	ATA	ATV	+	+		
7	M	17	Scar contracture of the dorsal foot	Groin flap	DPA	GSV	+			
8	M	68	Chronic osteomyelitis of tibial bone	ALT	ATA	ATV	+	+	+	
9	M	71	MM at the heel	ALT	PTA	PTV	+		+	
10	M	46	Intractable stasis ulcer on the lower leg	ALT	PTA	PTV	+		+	
11	M	43	SCAR contracture around knee joint	Groin flap	DGA	GSV, DGV	+	+	+	
12	M	80	SCC at the medial foot	ALT	PTA	PTV	+	+	+	
13	F	63	Intractable stasis ulcer on the lower leg	ALT	PTA	PTV	+	+	+	
14	M	55	Chronic osteomyelitis of the femur	ALT	DGA	GSV	+	+	+	
15	M	9	Degloving injury of the foot	LD	ATA	ATV	+	+	+	
16	M	28	Mangled lower extremity	Fillet flap	FA	FV	+			
17	M	33	Intractable ulcer on the foot	ALT	ATA	ATV	+	+		Hematoma
18	F	64	Intractable ulcer on the lower leg	LD	ATA	ATV	+			
19	F	13	Postburn contracture on the thigh	Groin flap	SIEA	GSV	+		+	
20	M	68	SCC on the lower leg	ALT	ATA	ATV	+	+	+	
21	F	58	AVM on the foot	Groin flap	LTA	SSV	+	+	+	
22	M	49	Postburn contracture on the lower leg	Scapular flap	DGA	SSV	+		+	
23	M	49	Diabetic ganglone	ALT	ATA	ATV	+	+		
24	M	59	Intractable ulcer on the lower leg	LD	FA	ATV	+	+		
25	M	64	Traumatized foot	Groin flap	DPA	GSV	+	+	+	
26	M	20	Traumatized foot	ALT	PTA	PTV	+	+	+	
27	F	68	Intractable stasis ulcer on the lower leg	ALT	PTA	PTV	+	+	+	Venous thrombosis
28	M	48	Intractable ulcer on the foot	ALT	ATA	ATV	+	+	+	
29	M	17	Intractable ulcer on the foot	ALT	PTA	PTV	+	+	+	

M, male; F, female; FOCF, fibula osteocutaneous flap; ALT, anterolateral thigh flap; LD, latissimus dorsi MC flap; PTA (V), posterior tibial artery (vein); ATA (V), anterior tibial artery (vein); DPA, dorsalis pedis artery; DGA(V), descending genicular artery (vein); LTA, lateral tarsal artery; GSV, great saphenous vein; SSV, small saphenous vein.

Arterial Pressure Monitoring

Fifty-three of the patients (LE group: 19, non-LE group: 34) also underwent in situ arterial catheterization for further hemodynamic analysis. The method was essentially the same as that for the venous catheterization. However, the line solution of the arterial catheter did not contain heparin, avoiding the risk of bleeding tendency in the transferred tissue. In some case, the arterial catheterization was impossible because of the small size of the diameter. In those cases, we used Doppler auscultation for the monitoring of arterial thrombosis.

Laser Doppler Flowmetry

In addition, the surface blood flow was continuously monitored in 42 patients (LE group: 17, non-LE group: 25) using a laser Doppler flowmeter (Laserflo BPM 403, TSI, St. Paul, MN) with a standard right angle probe having a head diameter of 19 mm (Model P-430). This probe is applicable only to the exteriorized skin island. This apparatus provided flow rates in millimeters per minute per 100 g of tissue.

Data Acquisition

All parameters were continuously recorded for 3 days at a sampling frequency of 250 Hz via a commercial data acquisition system (PowerLab[®], AD Instruments Pty., Australia). During this postoperative period, all patients were confined to bed rest. Because all parameters were influenced by the patient's positioning, posture, and movements, analysis was performed of sections showing stable hemodynamics for more than 30 minutes while the patients were at rest and in the supine position (immediately after surgery and 12 and 72 hours after surgery). The mean values of the venous pressure, arterial pressure, and blood flow were obtained using the customized program included in the data acquisition system (PowerLab).

Data Analysis and Statistics

Data are expressed as means \pm SEM. The effects of different recipient sites (i.e., LE, non-LE groups) on the hemodynamic data were tested using ANOVA with repeated measures across time. Statistical significance was defined as a *P* value of 0.05 or less. All statistical analyses were performed with SAS statistical package version 8.2.

RESULTS

There were three cases with postoperative anastomotic failure (two cases of venous thrombosis and one case of arterial thrombosis) in the 103 cases. One of the cases with venous thrombosis received a mandibular reconstruction with free fibular osteocutaneous flap (in the non-LE group). In this case, cutaneous flap was located

in the oral cavity, therefore, the flow probe of the LDF was not readily applicable. The other case who developed venous thrombosis presented with an intractable stasis ulcer. In this case, we applied both venous pressure monitoring and LDF monitoring. Both methods were quite sensitive responding the compromised venous outflow. The arterial thrombosis in another case was detected with the continuous arterial pressure monitoring. All three cases were successfully salvaged by the early detection with the monitoring system. There was no statistically significant difference in the incidence of the vascular thrombosis between two groups.

Free flaps transplanted to the lower extremities demonstrated a significantly higher venous pressure compared with the other sites (LE: 26.6 ± 2.2 mmHg, non-LE: 14.8 ± 1.2 mmHg) (see Fig. 1). The high venous pressure in the LE group declined gradually, whereas the venous pressure in the non-LE group remained virtually unchanged during the 3-day postoperative period.

The arterial pressure in the LE group was significantly lower than that in the non-LE group (see Fig. 2). Therefore, the arteriovenous pressure gradients, defined as the driving pressure for perfusion of transferred tissues, showed significant differences between groups (see Fig. 3). The driving pressure in the LE group was 52.6 ± 3.7 mmHg immediately after surgery, whereas those in the non-LE group was 75.0 ± 2.4 mmHg. Thereafter, the lower driving pressure in the LE group gradually increased to 59.8 ± 3.6 mmHg at 72 hours after surgery; however, it was still significantly lower than the non-LE group.

The surface blood flow measured by the laser Doppler flowmeter in the LE group was 2.2 ± 0.6 ml/min/100 g immediately after surgery, whereas that in the non-LE group was 3.7 ± 0.5 ml/min/100 g (see Fig. 4). There was no statistically significant difference between groups. As the driving pressure increased during the 3-day postoperative period, the blood flow increased significantly in the LE group (4.1 ± 0.9 ml/min/100 g on the 3rd postoperative day). On the other hand, the blood flow in the non-LE group was relatively constant during the 3-day postoperative period.

DISCUSSION

Free tissue transfer using a microvascular technique has been firmly established since its introduction more than three decades ago. However, little is known about the physiological aspects within the transferred tissue. The monitoring technique currently developed in our institution,¹⁴ in which the in situ vascular pressure can be continuously measured, provides us a great opportunity to elucidate the hemodynamic changes after free tissue transfer. Although this method required catheterization of

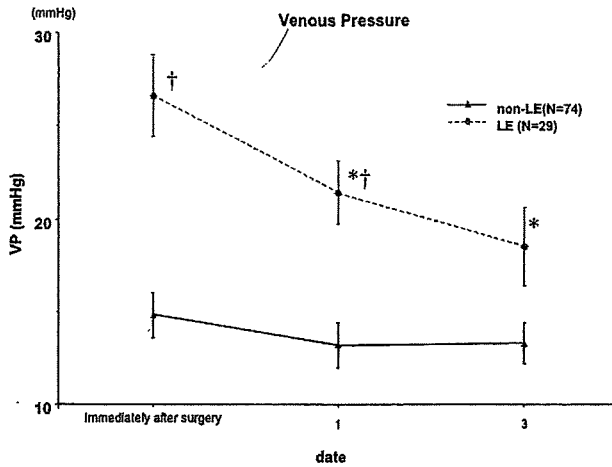


Figure 1. Changes in venous pressure within the tissues transferred to the lower extremity (LE group) and the other sites (non-LE group). Values are given as the mean \pm SEM. *: Significant difference ($P < 0.05$) from the value immediately after surgery. †: Significant difference ($P < 0.05$) between groups.

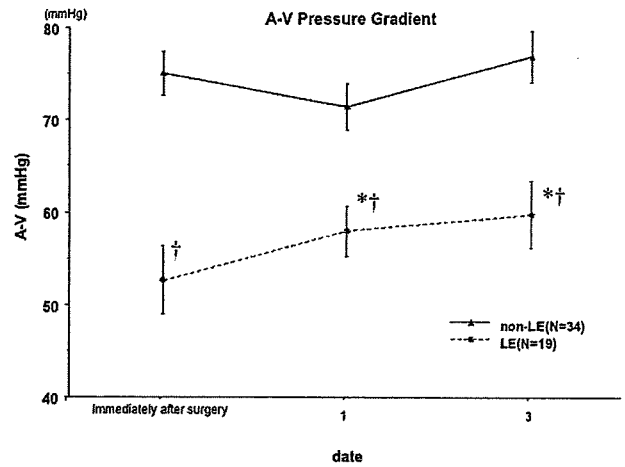


Figure 3. Changes in arteriovenous pressure gradient within the tissues transferred to the lower extremity (LE group) and the other sites (non-LE group). Values are given as the mean \pm SEM. *: Significant difference ($P < 0.05$) from the value immediately after surgery. †: Significant difference ($P < 0.05$) between groups.

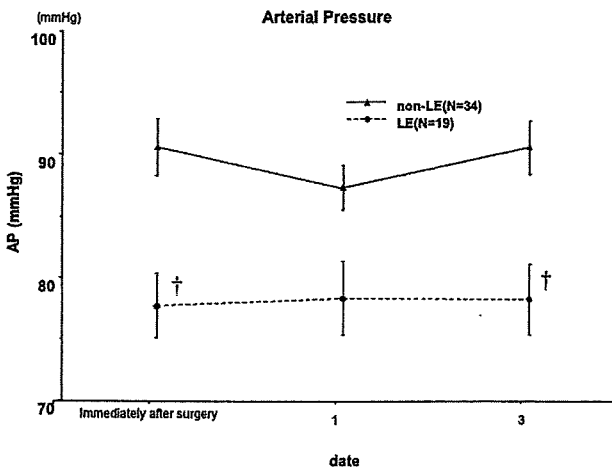


Figure 2. Changes in arterial pressure within the tissues transferred to the lower extremity (LE group) and the other sites (non-LE group). Values are given as the mean \pm SEM. †: Significant difference ($P < 0.05$) between groups.

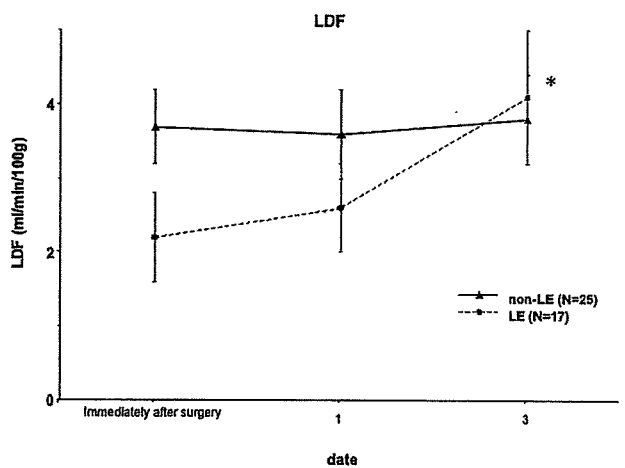


Figure 4. Changes in the value of LDF after free tissue transfer. Values are given as the mean \pm SEM. *Significant difference ($P < 0.05$) from the value immediately after surgery.

the vessels within the transferred flap, the safety and efficacy of such catheterization has been well documented in previous reports in which anticoagulant agents were continuously infused through a catheter.¹⁵⁻¹⁷

In this study, the hemodynamic data within the transferred tissue were strongly influenced by the recipient site. The venous pressure in the LE group was significantly higher compared with the values in the non-LE group. It is conceivable that the positioning of the lower extremities may affect the venous pressure. Because we analyzed the venous pressure during the initial 3 days after surgery while the patients rested in bed the whole day, the gravitational effects on the venous pressure were

considered to be at a minimum. Additionally, the site of the arterial catheterization was identical to the venous catheterization; therefore, the effect of the position of the recipient sites on the hemodynamic data was negligible when one looked at the pressure gradient between the arterial and venous sides. Because the arterial pressure in the LE group was significantly lower than that in the non-LE group, the arteriovenous pressure gradient showed clear differences between the groups. According to the concept of Burton,¹⁸ a decreased driving pressure results in reduced blood flow. Although we could not detect significant difference in the incidence of anastomotic failure between the two groups, there is a possibil-

ity that the hemodynamic differences might be related to the reported high failure rates in lower leg reconstruction using free-tissue transfer.^{2,7,8}

Lower limb hemodynamic impairment associated with surgery and general anesthesia has been well documented. Foate et al.¹⁹ reported that the mean arterial leg blood flow in patients under general anesthesia was only 28% of the control at 1 hour after surgery. This compromised arterial inflow has been linked to a higher rate of early postoperative graft failure in infrainguinal arterial bypass surgery, whereas epidural anesthesia did not cause this adverse effect of general anesthesia.²⁰ Knaggs et al.²¹ reported that the maximal venous flow attenuation was seen during the early recovery period. By disrupting the laminar flow of the venous circulation, stasis brings platelets into contact with the endothelium, leads to the build-up of thrombi and promotes the activation of endothelial cells, setting off a vicious circle of hypercoagulability. Although the mechanisms involved in the susceptibility of the lower leg hemodynamics to general anesthesia and surgical interventions are not fully understood, the early postoperative period is the most critical for vascular compromise even after free tissue transfer.

Despite the lower driving pressure in the LE group, we could not detect significant differences in the LDF data. This inability to detect differences may be attributed to the method we used for assessment of the blood flow. It is well known that the flow values with LDF vary greatly depending on the patient and the type of tissue.²²⁻²⁴ Therefore, one must not rely on absolute values, and recent reports emphasize the importance of observing the trend of the perfusion rather than the absolute value.^{22,23} It is of interest that the decrease in the venous pressure during a 3-day postoperative period was associated with an increased blood flow in the LE group.

When the venous pressure in a limb is elevated to more than 25 mmHg, the cutaneous, subcutaneous, and muscle vascular resistances increase within that region, resulting in a reduction in blood flow of about 40%.¹³ This reflex has been termed the venoarteriolar response, because stretch receptors located in small veins induce changes in the arteriolar vascular tone "upstream" of the veins.¹² A local mechanism, not the central neurogenic response, seems to mediate the venoarteriolar response. Therefore, the high venous pressure may aggravate the poor perfusion in the transferred tissue through this response, leading to the high incidence of failure in lower limb reconstruction.

This study is limited by its small number of patients. Further investigations are warranted to determine the effects of injury-related variables, the type of transferred tissue, the selection of the recipient vessels, local heparinization, and epidural anesthesia. Nonetheless, monitoring the vascular pressure through in situ catheterization

provided us further insight into the pathophysiology after free tissue transfer.

CONCLUSIONS

In summary, tissues transferred to the lower extremities demonstrated a higher venous pressure and poorer perfusion immediately after surgery compared with tissues transferred to other parts of the body. Thereafter, the venous pressure gradually decreased in association with an increase in the blood perfusion of the flap. There is a possibility that the impaired hemodynamics in tissues transferred to the lower extremities might be a contributing factor to the higher incidence of flap failure during the early postoperative period.

REFERENCES

- Pollak AN, McCarthy ML, Burgess AR. Short-term wound complications after application of flaps for coverage of traumatic soft-tissue defects about the tibia. The Lower Extremity Assessment Project (LEAP) Study Group. *J Bone Joint Surg Am* 2000;82A:1681-1691.
- Gonzalez MH, Tarandy DI, Troy D, Phillips D, Weinzweig N. Free tissue coverage of chronic traumatic wounds of the lower leg. *Plast Reconstr Surg* 2002;109:592-600.
- Godina M. Early microsurgical reconstruction of complex trauma of the extremities. *Plast Reconstr Surg* 1986;78:285-292.
- Hidalgo DA, Disa JJ, Cordeiro PG, Hu QY. A review of 716 consecutive free flaps for oncologic surgical defects: Refinement in donor-site selection and technique. *Plast Reconstr Surg* 1998;102:722-732.
- Kroll SS, Schusterman MA, Reece GP, Miller MJ, Evans GR, Robb GL, Baldwin BJ. Timing of pedicle thrombosis and flap loss after free-tissue transfer. *Plast Reconstr Surg* 1996;98:1230-1233.
- Disa JJ, Cordeiro PG, Hidalgo DA. Efficacy of conventional monitoring techniques in free tissue transfer: An 11-year experience in 750 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg* 1999;104:97-101.
- Benacquista T, Kasabian AK, Karp NS. The fate of lower extremities with failed free flaps. *Plast Reconstr Surg* 1996;98:834-840.
- Langstein HN, Chang DW, Miller MJ, Evans GR, Reece GP, Kroll SS, Robb GL. Limb salvage for soft-tissue malignancies of the foot: An evaluation of free-tissue transfer. *Plast Reconstr Surg* 2002;109:152-159.
- Nahabedian MY, Momen B, Manson PN. Factors associated with anastomotic failure after microvascular reconstruction of the breast. *Plast Reconstr Surg* 2004;114:74-82.
- Swartz WM, Mears DC. The role of free-tissue transfers in lower-extremity reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1985;76:364-373.
- Choe EI, Kasabian AK, Kolker AR, Karp NS, Zhang L, Bass LS, Nardi M, Josephson G, Karpatkin M. Thrombocytosis after major lower extremity trauma: Mechanism and possible role in free flap failure. *Ann Plast Surg* 1996;36:489-494.
- Hassan AA, Tooke JE. Mechanism of the postural vasoconstrictor response in the human foot. *Clin Sci (Lond)* 1988;75:379-387.
- Okazaki K, Fu Q, Martini ER, Shook R, Conner C, Zhang R, Crandall CG, Levine BD. Vasoconstriction during venous congestion: Effects of venoarteriolar response, myogenic reflexes, and hemodynamics of changing perfusion pressure. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2005;289:R1354-R1359.
- Sakurai H, Nozaki M, Takeuchi M, Soejima K, Yamaki T, Kono T, Fukaya E, Yamamoto Y. Monitoring the changes in intraparenchymatous venous pressure to ascertain flap viability. *Plast Reconstr Surg* 2007;119:2111-2117.
- May JW Jr, Rothkopf DM. Salvage of a failing microvascular free muscle flap by direct continuous intravascular infusion of heparin: A case report. *Plast Reconstr Surg* 1989;83:1045-1048.

16. Harris NR II, Webb MS, May JW Jr. Intraoperative physiologic blood flow studies in the TRAM flap. *Plast Reconstr Surg* 1992;90:553-558.
17. Hudson DA, Engelbrecht G, Duminy FJ. Another method to prevent venous thrombosis in microsurgery: An in situ venous catheter. *Plast Reconstr Surg* 2000;105:999-1003.
18. Burton AC. Resistance to flow in vascular beds. *Nature* 1958;182:1456-1457.
19. Foate JA, Horton H, Davis FM. Lower limb blood flow during transurethral resection of the prostate under spinal or general anaesthesia. *Anaesth Intensive Care* 1985;13:383-386.
20. Christopherson R, Beattie C, Frank SM, Norris EJ, Meinert CL, Gottlieb SO, Yates H, Rock P, Parker SD, Perler BA. Perioperative morbidity in patients randomized to epidural or general anesthesia for lower extremity vascular surgery. *Perioperative Ischemia Randomized Anesthesia Trial Study Group. Anesthesiology* 1993;79:422-434.
21. Knaggs AL, Delis KT, Mason P, Macleod K. Perioperative lower limb venous haemodynamics in patients under general anaesthesia. *Br J Anaesth* 2005;94:292-295.
22. Yuen JC, Feng Z. Monitoring free flaps using the laser Doppler flowmeter: Five-year experience. *Plast Reconstr Surg* 2000;105:55-61.
23. Heller L, Levin LS, Klitzman B. Laser Doppler flowmeter monitoring of free-tissue transfers: Blood flow in normal and complicated cases. *Plast Reconstr Surg* 2001;107:1739-1745.
24. Mailaender P, Machens HG, Waurick R, Rieck B, Berger A. Routine monitoring in patients with free tissue transfer by laser-Doppler flowmetry. *Microsurgery* 1994;15:196-202.

乳房再建術

矢野健二*

キーワード 広背筋皮弁 腹直筋皮弁 深下腹壁動脈穿通枝皮弁 乳房インプラント

はじめに

乳癌は女性の癌発生率の第1位となり、社会的関心の高まりにより、乳房再建の普及にもつながっている。また、2006年4月から保険点数改定により乳癌術後乳房再建（一期再建・二期再建）が新規に認められ、最近の乳房再建数の増加に拍車を掛けている。

本稿では、乳房再建術としてわれわれが用いている広背筋皮弁、腹直筋皮弁（TRAM flap）、深下腹壁動脈穿通枝皮弁（DIEP flap）、tissue expander（TE）+乳房インプラントを用いた乳房再建法について紹介する。

I. 再建術式の選択

乳房再建は、乳癌手術を施行した直後に行う一次的再建術と乳癌手術後一定期間待機して行う二次的再建術の2種類がある。われわれの施設では一期再建を主として行っている¹⁻³⁾。

乳癌手術は、乳房温存手術（乳腺部分切除術）、skin（nipple）-sparing mastectomy（乳房皮膚は温存し、乳腺だけを全摘）、胸筋温存乳房切除術（乳輪乳頭・乳房皮膚も含めて乳腺を全摘）が主な術式である。

乳房再建の術式を決定する際の乳癌治療の要因としては、乳癌術式のほかに腋窩リンパ節郭

*やの・けんじ：大阪大学大学院医学系研究科教授（美容医療学寄附講座）。昭和59年高知医科大学医学部卒業。主研究領域／形成外科、乳癌術後乳房再建。

清、化学療法、放射線治療の有無などを考慮する。また、患者側の要因としては、乳房の大きさや下腹部・背部の脂肪厚などの体格に関するもののほかに年齢や既往歴、さらには社会的背景や精神・心理的状况などを考慮する。このようなさまざまな要因を考慮しながら患者と話し合い、最終的な乳房再建法を決定する。

基本的な乳癌術式と乳房再建法の関係は、乳房温存手術と乳房の小さい乳腺全摘手術に対しては広背筋皮弁、比較的乳房の大きい乳腺全摘手術に対してはDIEP flapまたはTRAM flap、自家組織が使えない患者や若年者に対してはTE+乳房インプラントによる再建を行っている。

II. 治療の実際

1. 広背筋皮弁

広背筋皮弁は乳房再建において最も利用しやすい自家組織の1つであり、広背筋とその直上の脂肪組織を移植材料とする筋皮弁である^{4,5)}。その利点としていくつか挙げられる。位置的に腋窩部を支点として前胸部に移動できるため、乳房部の再建に適している。広背筋は広く薄い筋肉であるため、その直上のどの部位に皮島を作成したとしても皮弁への血行は良好である。広背筋採取による筋の脱落症状が少ない。広背筋の採取創は背部で下着に隠れる部位であり、患者にとっても目立たない。以上のような多くの利点を有しており、いろいろな形の乳房再建に利用可能である。



図 1

広背筋皮弁を挙上し、前胸部に移動させたところ

ただし、広背筋皮弁の採取量には限度があり、大きな組織量を必要とする再建には向いていない。したがって、乳房温存手術後や乳房の比較的小さい全摘術後の患者に適応される。

手術は背部のブラジャーラインに沿って横方向、または皮膚の皺の線に沿って斜め方向に紡錘形に切開を加え広背筋皮弁を必要な量だけ採取する。広背筋皮弁の栄養血管である胸背動静脈を支点として、振り子のように皮下を通して乳房欠損部に移動する。乳腺の欠損部位に合わせて筋皮弁を充填し、乳房 mound を再建する。筋皮弁採取部位は縫縮する。

[症例] 53 歳，左乳癌

乳房外側切開から nipple-sparing mastectomy とセンチネルリンパ節生検術を施行した。7×17cm の背部紡錘形斜め切開により広背筋皮弁を挙上し、筋皮弁充填術を施行した (図 1)。術後 1 年の状態は、乳房外側の癒痕は目立たず、乳房の大きさ・形ともほぼ対称的である (図 2)。

2. 腹直筋皮弁 (TRAM flap)

TRAM (transverse rectus abdominis myocutaneous) flap は片側の腹直筋を血流の担体とし、臍より尾側の下腹部皮膚皮下脂肪組織を横方向に紡錘形に切開して移植材料とする筋皮弁である^{6,7)}。TRAM flap はもともと乳房再建を目的として開発され、世界的に普及し乳房再

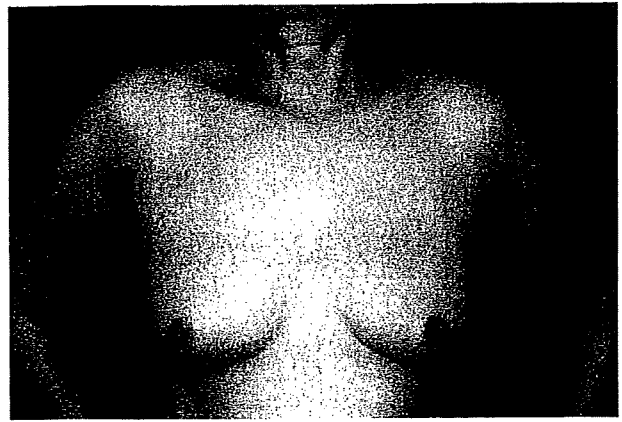


図 2

Nipple-sparing mastectomy に対して広背筋皮弁で再建した術後 1 年の状態

建におけるスタンダード手術となり、現在でもその地位は揺るぎないものである。しかし、皮弁の血行に関しては必ずしも良好なものではなく、皮弁の部位によっては部分壊死を生じることが多く、さまざまな工夫がなされた。一方、最近になり腹直筋を採取することによる合併症が問題となり、腹直筋を犠牲にしない同様な手術が出現したため、今後もスタンダード手術であり続けるか否かは疑問である。

手術は患側乳房と反対側の腹直筋を血流の担体として下腹部横方向の大きな皮弁を挙上する。TRAM flap の栄養血管である上腹壁動静脈を支点として振り子のように腹部皮下を通して乳房欠損部に移動する。乳房欠損部に合わせて折り畳んだ筋皮弁により乳房 mound を作成する。

3. 遊離深下腹壁穿通枝皮弁 (DIEP flap)

DIEP (deep inferior epigastric artery perforator) flap は腹直筋を犠牲にせずに臍周囲の太い穿通枝とそれに連続する深下腹壁動静脈のみを茎とする皮弁であり、腹直筋皮弁に比べると機能的な損失がほとんどなく有益な皮弁である^{8~10)}。欧米では乳房再建への応用が報告され普及するようになった。ただ、本邦ではその手技の煩雑さや不確実性を併せもつことから、いまだ一般的な再建手技となっていないのが現状

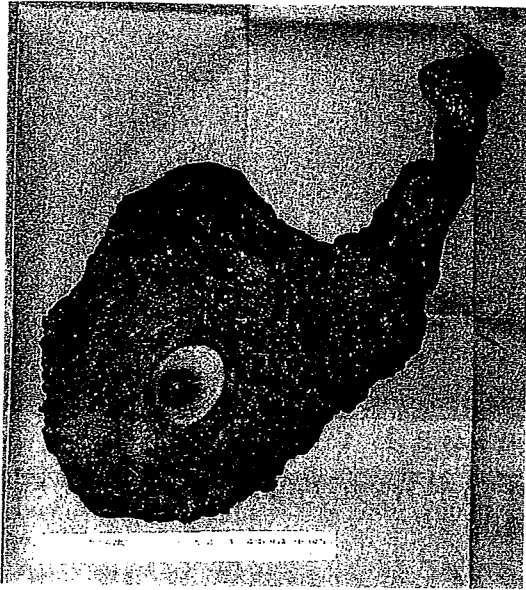


図 3

乳輪乳頭を含む皮下乳腺全摘された組織

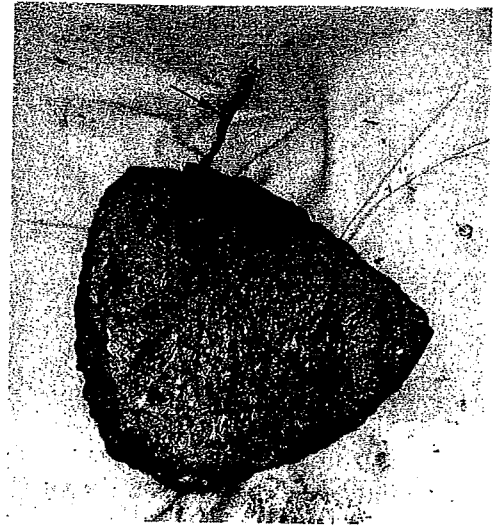


図 4

挙上した DIEP flap. 矢印が栄養血管柄 (深下腹壁動静脈) である

である。本法の適応は、比較的乳房が大きく、乳癌術式が胸筋温存乳房切除術・skin (nipple)-sparing mastectomy 等であり、患者の下腹部にそれに見合うだけの脂肪組織および太い穿通枝を有することが前提となる。

手術は筋肉内の血管を剝離して DIEP flap を挙上した後、乳房欠損部に移動して皮弁の深下腹壁動静脈を移植床の胸背動静脈または内胸動静脈に顕微鏡下に吻合する。その後、乳房欠損部の形状に合わせて皮弁を折り畳んで乳房 mound を作成する。

[症例] 35 歳, 左乳癌

左乳癌に対して乳輪乳頭合併切除 skin-sparing mastectomy を施行した(図 3)。右深下腹壁動静脈を栄養血管として DIEP flap を挙上した(図 4)。深下腹壁動静脈は胸背動静脈と吻合した。術後 1 年目に局所皮弁と大腿内側基部の皮膚移植により乳頭乳輪再建を行った。術後 2 年の状態は腹部の皮弁採取創や乳房外側切開創もあまり目立たず、乳房の大きさ・形ともほぼ対称的である(図 5)。

4. TE+乳房インプラント

人工乳房は乳房の大きさが中等度以上で下腹

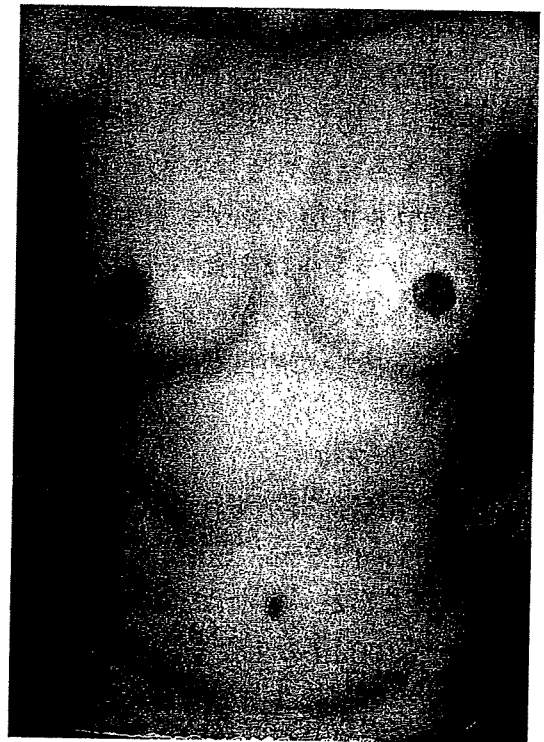


図 5

Skin-sparing mastectomy に対して DIEP flap で再建し、乳輪乳頭も再建した術後 2 年の状態

部の皮下脂肪が非常に薄い症例や若年者で妊娠出産を希望する患者などが対象となる。人工乳房による乳房再建は乳腺が完全に切除され、かつ大胸筋が温存されている症例に対して適応となる。本法は二度の手術を要することになるが、

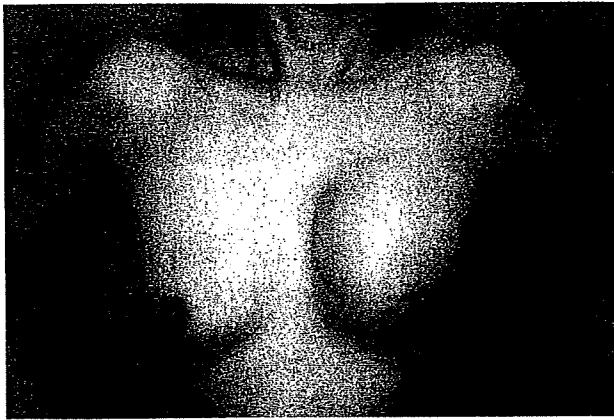


図6

TE内に300mlの生食を注入した状態

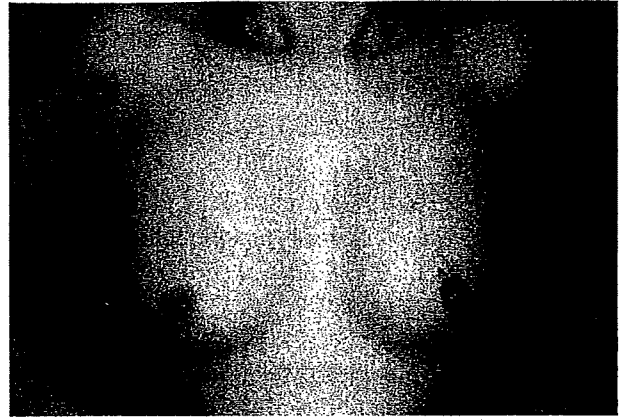


図7

TEをシリコンバッグに入れ替え、乳輪乳頭も再建した術後2年の状態

そのほうが人工乳房の正確なサイズの決定や、入れ替え時の位置の修正が可能であり有効である。

初回の手術は大胸筋下にTEを挿入する。その後、1週間に一度外来でTE内に生食を注入し、TEを徐々に膨らませる。健側の乳房より20~30%大きめに膨らませた後、初回手術から半年後にTEを乳房インプラントに入れ替える。乳房インプラントは生食バッグとシリコンバッグが利用されているが、まだ医療材料として認可されていないため自費診療として治療が行われている。

[症例] 57歳，左乳癌

胸筋温存乳房切除術が施行された。その後大胸筋下に12.5×12.5cm、600mlのラウンドタイプTEを挿入した。術中に50ml生食を注入し、6週間で300mlの生食を注入した(図6)。TE挿入術後半年目にTEを抜去し、235gアナトミカルタイプのコヒーシブシリコンバッグを大胸筋下に挿入した。バッグ入れ替え術後10か月目に健側乳頭半切移植と刺青(tattoo)により乳輪乳頭再建術を施行した。術後2年の状態は乳房表面の瘢痕も目立たず、乳房の大きさ・形ともほぼ対称的である(図7)。

5. 乳輪乳頭再建

乳輪乳頭再建は乳房再建術が終了し、術後3か月以降の再建乳房が落ち着いた時期に行う仕

上げの手術である。乳輪再建は大腿内側基部の色素沈着した皮膚を移植するか、刺青(tattoo)により作成する。乳頭に関しては、健側乳頭が大きい場合はそれを半切して複合組織移植する。健側乳頭が小さい場合は乳輪乳頭作成位置の局所皮弁を立ち上げて形成する。乳輪乳頭再建において重要な要因は乳頭の高さ、乳輪乳頭の色調・形・大きさ・肌理^{きめ}・位置であり、それらを満足できるような再建を心掛ける。

おわりに

乳房再建は術前の評価をしっかりと行い、適応を遵守し、患者の選択を間違わなければ、良好な結果が得られる。特に一期的乳房再建術の場合は、乳腺外科医と術前に綿密な話し合いが可能であり、切除された乳房皮膚や皮下組織量に合わせた再建ができるという利点があるため、今後患者側の需要の高まりと共に増加することが予想される。

しかし、患者の乳房再建に関する認知度はまだまだ低く、十分トレーニングを積んだ乳房再建外科医の数も少ない。したがって、乳癌患者のみならず若年女性への乳癌術後乳房再建の啓発と乳房再建外科医の充足が、われわれ形成外科医における今後の課題と思われる。

..... 文 献

- 1) 矢野健二：乳がん術後一期的乳房再建術—乳がん術式に応じた乳房再建のテクニック，克誠堂出版，東京，2007；1-205.
- 2) Yano K, Hosokawa K, Masuoka T, *et al* : Options for immediate breast reconstruction following skin-sparing mastectomy. *Breast Cancer* 2007 ; 14 : 406-413.
- 3) 矢野健二，高田章好：形成外科手術スタンダード30 乳癌切除後の標準的再建法. 形成外科 2007 ; 50 : S203-S212.
- 4) Yano K, Hosokawa K, Takagi S, *et al* : Breast reconstruction using the sensate latissimus dorsi musculocutaneous flap. *Plast Reconstr Surg* 2002 ; 109 : 1897-1902.
- 5) 矢野健二，細川 互，中井國博他：広背筋皮弁を用いた乳房再建. 手術 2001 ; 55 : 1267-1272.
- 6) Yano K, Hosokawa K, Nakai K, *et al* : Regional differences in ultrasonic assessment of subcutaneous fat thickness in the abdomen : effects on TRAM flap. *Ann Plast Surg* 2003 ; 51 : 130-135.
- 7) Yano K, Matsuo Y, Hosokawa K : Breast reconstruction by means of innervated rectus abdominis myocutaneous flap. *Plast Reconstr Surg* 1998 ; 102 : 1452-1460.
- 8) Yano K, Hosokawa K, Nakai K, *et al* : A rare variant of the deep inferior epigastric perforator : importance of preoperative color-flow duplex scanning assessment. *Plast Reconstr Surg* 2003 ; 111 : 1578-1579.
- 9) Yano K, Hosokawa K, Nakai K, *et al* : Skin-sparing mastectomy and immediate reconstruction with a deep inferior epigastric perforator flap. *Breast Cancer* 2003 ; 10 : 275-280 (Erratum in : *Breast Cancer* 2003 ; 10 : 382-383).
- 10) 矢野健二：穿通枝皮弁による乳房再建. 岩平佳子編，乳房再建術—スペシャリストの技のすべて，南山堂，東京，2005；78-87.

II. 有茎皮弁

4. 足の皮弁

C. 後脛骨動脈皮弁

澤泉雅之*¹ 丸山 優*²

Abstract 近年、下肢においても多くの新しい皮弁が開発され、技術の進歩と相俟って、症例に即した様々な修復法の選択が可能となった。本稿では下腿内側の血行に関する解剖学的な基礎事項と、より合目的な皮弁作成について、整形外科領域で取り扱う機会の多い症例を中心に紹介し、穿通枝皮弁や脂肪筋膜弁といった最新の知見を含め、それらの応用の実際について解説した。再建術式の多様化により、機能面は無論のこと形態的配慮を含めた適応を考慮することが望まれる。

Key words 下腿再建(reconstruction of lower leg), 皮膚軟部組織欠損(skin and soft tissue defect), 局所皮弁(local flap), 筋膜皮弁(fasciocutaneous flap), 穿通枝皮弁(perforator flap)

はじめに

下腿は外傷を受ける機会が多く、皮膚軟部組織に余裕のないことから皮弁による修復を要することが少なくない。しかし、部位的に血行の貧弱な部位であることや近隣に組織の余裕のないこと、損傷の複雑さなどにより、従来、比較的困難な問題を含まとされてきた。

最近の形成外科の進歩、特に微少血管外科や四肢の血行形態・動態に対する基礎的研究は、困難であった下腿の再建にも多くの選択肢を与えた^{1)~6)}。以前は遊離植皮術や cross leg 法などが行われていたが、今日では下肢の深部動脈から、骨・筋肉・神経・皮膚に至る血管系の解析が進み、中等大の皮膚欠損の多くを局所皮弁で修復するこ

とが可能となっている^{7)~9)}。

ここでは、下腿内側における皮弁作成に必要な血行解剖を提示し、後脛骨動脈およびその筋間穿通枝を用いた皮弁に加え¹⁰⁾¹¹⁾、穿通枝皮弁¹²⁾や脂肪筋膜弁¹³⁾についても言及する。

下腿内側部の皮膚血行

下腿での皮弁の作成にあたっては、この部位の皮膚軟部組織の血行をよく理解する必要がある¹⁾。下腿には前脛骨動脈、後脛骨動脈、腓骨動脈の3本の主要血管があり、皮膚に至る血行はこの血管のいずれから分岐して、筋間あるいは筋肉内を通る。下腿に存在する筋群は伸筋群、腓骨筋群、および屈筋群の3つの部分に分けられ、さらに、屈筋群は深下腿筋膜により浅層と深層に分けられている。

従来これらの筋間中隔は整形外科領域において compartment を互いに分離する境界としてのみ重要であったが、主要動脈からの皮枝の通り道として、様々な皮弁を作成するうえで重要な役割を果たしていることが明らかになってきた。それぞ

*¹ Masayuki SAWAIZUMI, 〒135-8550 東京都江東区有明 3-10-6 (財)癌研究会有明病院形成外科, 医長

*² Yu MARUYAMA, 〒143-8541 東京都大田区大森西 6-11-1 東邦大学医学部形成外科学教室, 教授

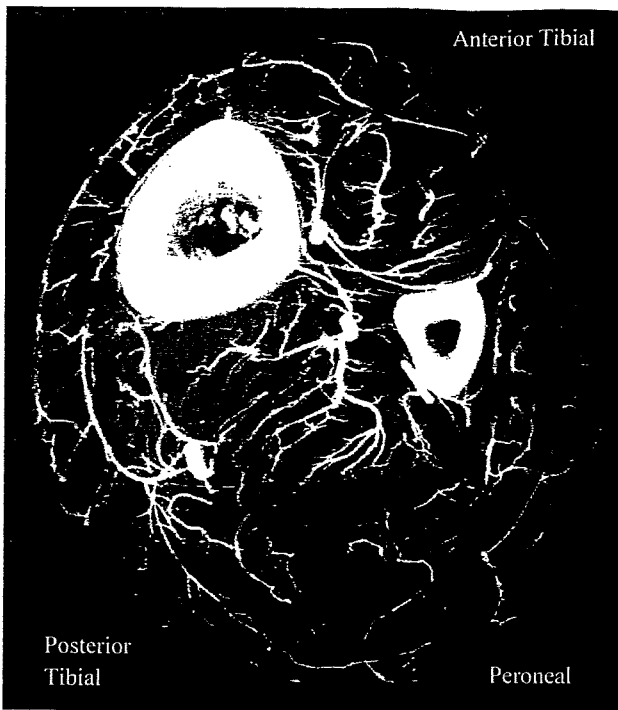


図 1. 下腿の血行(横断面)

下腿は前脛骨動脈・後脛骨動脈・腓骨動脈の3本の深部動脈から主には筋間穿通枝、一部は筋肉内を穿通する皮枝が深層筋膜を貫通し、これらの皮枝は互いにネットワークを形成しながら皮膚・皮下組織を養う。

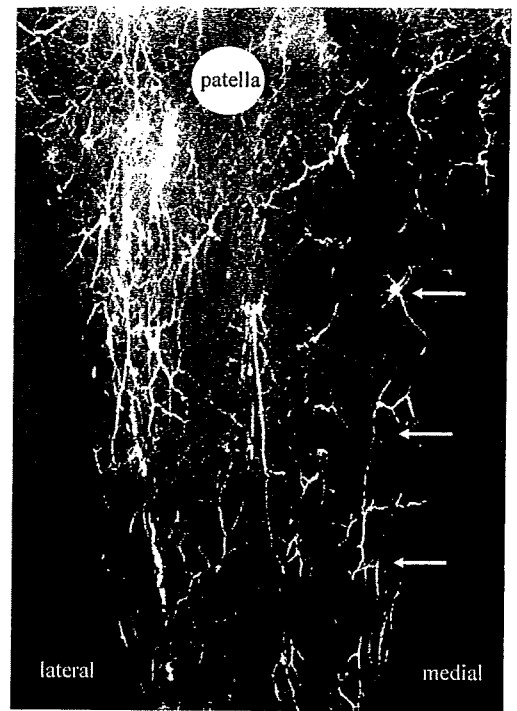


図 2. 下腿の血行(深層筋膜上)と後脛骨動脈穿通枝

下腿内側では脛骨後縁に沿って四肢の深層筋膜上の組織血行の特徴として、穿通枝が皮神経・皮静脈に栄養血管を供給するため、これに沿って長い血管網が形成される。

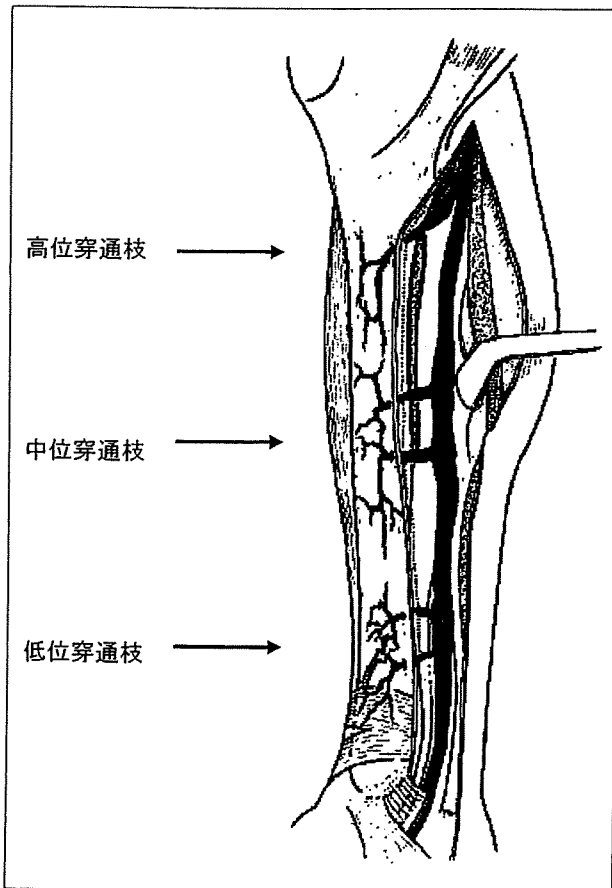


図 3. 下腿内側における後脛骨動脈の筋間穿通枝

下腿内側の穿通枝を、深層筋膜を貫通する部位で分類した場合、鰐足の停止部下端付近(高位穿通枝)、腓腹筋の筋腱移行部周囲の高さ(中位穿通枝)、内顆上4.5~7.5cmの高さ(低位穿通枝)と、おおむね3つの群に分けられる。

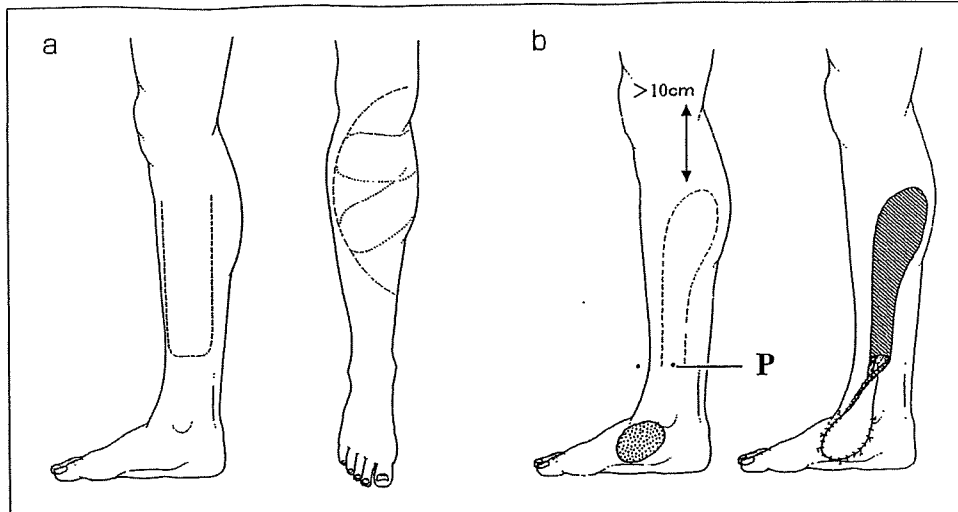
この主要動脈は下腿の全長にわたって4~7本程度の筋間中隔穿通枝(一部は筋肉内を通過する)を分岐する。これらの穿通枝は深層筋膜を貫いた後、皮下組織内を樹枝上に広がり、隣接する穿通枝と互いに血管網を形成する(図1)¹²⁾。また、四肢の深層筋膜上の組織血行の特徴として、これらの穿通枝が皮神経・皮静脈に栄養血管を供給するため、これに沿って長い血管網が形成される(図2)⁵⁾。

後脛骨動脈について見てみると、同動脈は外側へ向かって腓骨動脈を分岐した後、脛骨神経と伴行しながら長趾屈筋とヒラメ筋の筋間を下降し、下腿内側面へ向かい通常5~7本の筋間穿通枝を分岐する。これらの穿通枝を、深層筋膜を貫通する部位で分類した場合、鰐足の停止部下端付近(高位穿通枝)、腓腹筋の筋腱移行部周囲の高さ(中位穿通枝)、内顆上4.5~7.5cmの高さ(低位穿通枝)と、おおむね3つの群に分けられる(図3)¹²⁾。これらの穿通枝は血管網を形成しながら、上部組織の大伏在静脈や伏在神経を栄養するほか、一部

図 4.

下腿内側皮弁のデザインの変遷

- a : Pontén の筋膜皮弁. 筋膜を含めて皮弁を作成することで, 従来の長さ幅比を超えた皮弁が作成可能であることが示された.
- b : Amarante らの遠位側茎皮弁. 下腿の末梢側に血管茎(P : pivot point)とし, 有茎皮弁として足関節, 踵部を被覆域とする. いずれの皮弁も皮弁採取部の創閉鎖に植皮を要する.



は脛骨前面の骨膜血管となることから, 骨膜・骨付き皮弁として応用することも可能である.

後脛骨動脈皮弁

後脛骨動脈皮弁とは, 同動脈により養われる皮弁全体を含めた皮弁の総称である. 1981年, Pontén⁷⁾により下腿内側上方に筋膜を含めた有茎皮弁として紹介され, 今日の筋間穿通枝を利用した皮弁の先駆けとなった最初の筋膜皮弁も, 現在では前述の血管網の関与により従来の長さ幅比を超えた皮弁が作成可能であったことが理解されている(図4-a). 1986年にはAmaranteら⁸⁾⁹⁾により内顆上に茎を持ちその上方に作成される遠位側茎皮弁が開発され, 下腿から足部への皮弁の移動が可能となった. その後, 後脛骨動脈を伴行静脈とともに茎血管として挙上する逆行性皮弁とし, 皮弁を島状皮弁とし遠位側へ安全に移行することが可能であることが示された¹⁰⁾. その一方で, 最近では単独の筋間穿通枝を茎血管とし主要動脈を温存した穿通枝皮弁¹²⁾や皮弁採取部の犠牲を減じた脂肪筋膜弁¹³⁾などが開発され用いられている.

1. 後脛骨動脈穿通枝皮弁

後脛骨動脈の穿通枝を血管径として挙上する筋膜皮弁, 皮弁の作成にあたっては, 欠損の部位と形を念頭に置き, これに近接した下腿深部動脈の穿通枝を茎血管として皮弁のデザインを行う. 皮弁は近位側茎, 遠位側茎のいずれのデザインも可能であるが, 下腿下方と比較し上方に作成したほうが皮弁採取後の創閉鎖は容易である¹²⁾. また,

外傷例では瘢痕の介在や深部組織の損傷をよく考慮し, 損傷の伴わない部位に茎血管を求める必要がある. この際, ドップラー血流計による確認も有用である.

実際の手術にあたっては, 隣接する穿通枝の支配領域であれば, いずれの方向にも皮弁を作成することができる(図5). 駆血帯使用下に皮弁遠位側(隣接穿通枝側)より皮膚切開を加え, 深層筋膜下に皮弁を挙上していく. この際, 筋間筋膜やその周囲血管網は極力皮弁側を含めることが重要である. 剝離挙上した深層筋膜を通して皮膚へ分布する穿通枝が確認されたら, 残りの皮島デザインに皮膚から筋膜下まで切開を加える. 最後に, 穿通枝周囲の筋間筋膜を丁寧に剝離し島状皮弁とする. また, 皮弁内に皮神経や皮静脈を含めることで, 隣接穿通枝の支配領域を超えた皮弁もより安全に挙上することができる.

下腿は露出部であり, 外傷などを受けやすい部位であることから, 原則としてドナーサイトの皮膚は一時的に縫合閉鎖できる範囲に皮弁の大きさをとどめることが望ましく, 中等大以上の大きさの欠損に対しては, 遊離皮弁が適応となる. しかし, 血管病変や患者の全身状態などから微少血管吻合が困難と考えられる場合には有用である(図6, 7).

2. 逆行性後脛骨動脈皮弁

前述の後脛骨動脈穿通枝皮弁の血管茎をさらに深部へと剝離し, 後脛骨動静脈を血管茎として近位側を結紮切離して挙上する逆行性皮弁(図8).

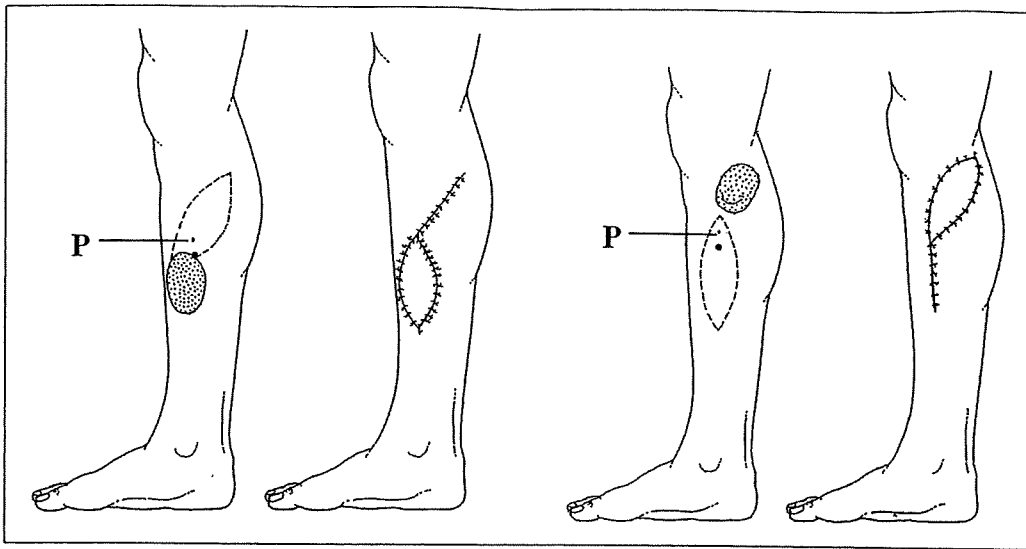


図 5.
後脛骨動脈穿通枝皮弁のデザイン
欠損に近接した穿通枝(P)を pivot point とし、隣接する穿通枝の方向に筋膜皮弁を作成する。いかなる方向にも作成可能であるが、皮弁採取後の皮膚閉鎖を念頭に置いてデザインする。

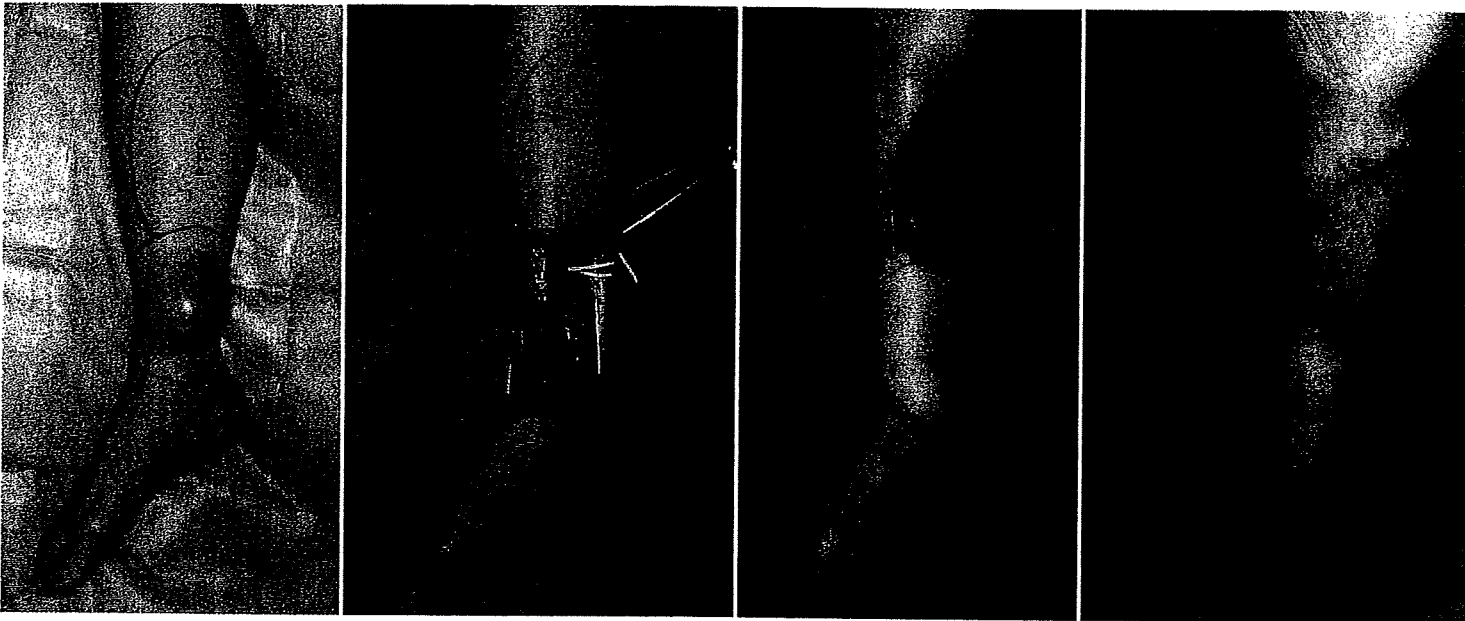


図 6. 後脛骨動脈穿通枝皮弁

a|b|c|d

- a : 86 歳，女性の下腿 MFH 症例。心疾患により短時間の硬膜外麻酔手術を指示される。
- b : 欠損に隣接して穿通枝を確認し，その上方へ皮弁をデザイン
- c : 180°皮弁をローテーションして欠損を被覆
- d : 術後

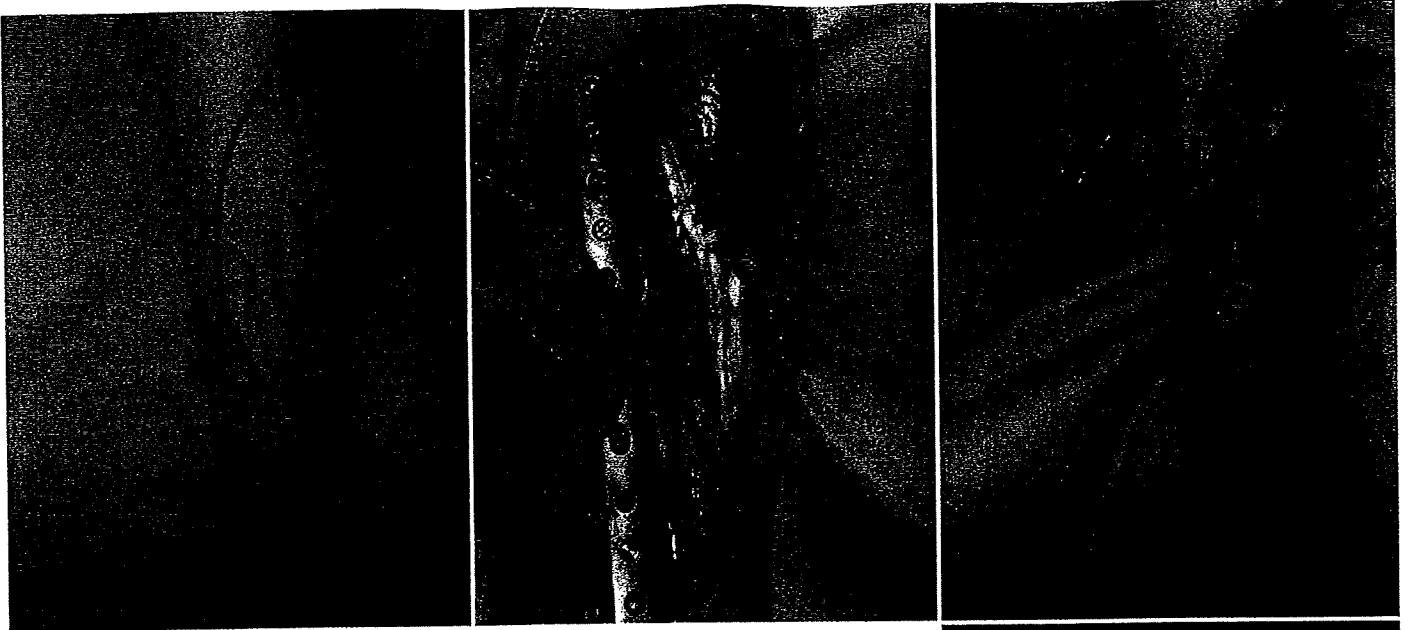
剝離した後脛骨動脈の長さに応じて皮弁のローテーションアークを得ることができることから、微少血管吻合を用いずとも皮弁を移動することができ、下腿遠位から足部の再建に有用である(図 9, 10)¹⁰⁾¹¹⁾。ただし、下腿の主要血管を犠牲にするため、高度外傷や血管病変合併例では血管撮影などの術前評価を十分に行うことが望ましい。

3. 脂肪筋膜弁(adipofascial flap)

脂肪筋膜弁(adipofascial flap)とは、筋膜皮弁の皮膚を除き、筋膜とその上層の皮下脂肪組織を付着させ、弁状に挙上した移植片である。その利点

は、軟部組織に余裕のない下腿・足部に中等大の皮弁を作成した場合、皮弁採取により新たに皮膚欠損が生じてしまい、植皮術を必要とし、傷跡の癒痕も長くなってしまうのに対し、脂肪筋膜弁では皮弁採取部を一次縫合できるので、皮弁採取部が線状癒痕のみで済むことにある(図 11)¹²⁾。

脂肪筋膜弁のデザインは、基本的には筋膜皮弁と同様に行う。欠損に隣接する場合、茎血管を中心として弁状に翻転(turn over)し修復することも可能である。皮膚を一次縫縮するため弁形態を紡錘状とする必要はなく、欠損と同じ大きさ・形



a	b	c
		d

図 7.

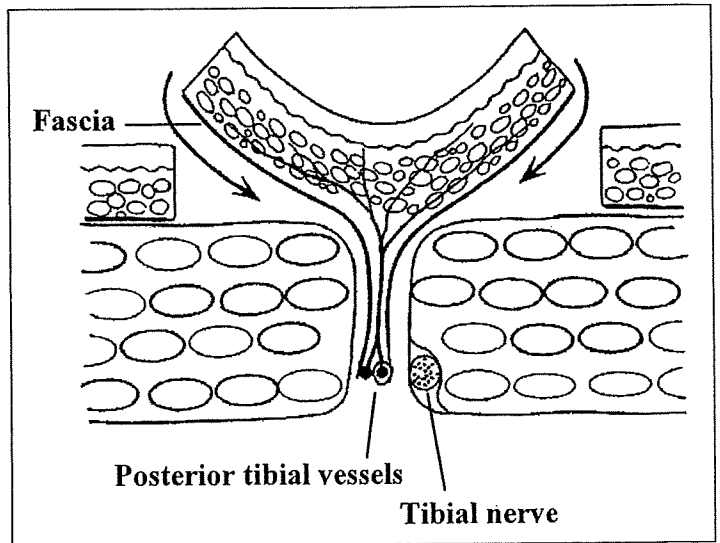
後脛骨動脈穿通枝皮弁

- a : 32 歳, 男性の下腿多形細胞肉腫症例. 追加広切により脛骨の合併切除を予定
- b : 血管柄付き腓骨移植術で骨欠損を補填. 腓骨動脈からの皮弁が脆弱であったため後脛骨動脈穿通枝を茎とした皮弁を挙上
- c : 180°皮弁をローテーションして欠損を被覆, 皮弁採取部には植皮を追加
- d : 術後

図 8.

深部動脈を利用した皮弁挙上法

深部動脈を利用した皮弁挙上法は、深層筋膜下に皮弁を剥離し穿通枝を確認した後、その深部の主要動脈をたどって血管茎として利用する。この際、筋間の筋膜を含めて剥離したほうが、穿通枝のねじれや圧迫を予防できる。



態の筋膜と軟部組織のアウトラインをデザインする。皮切を脂肪筋膜弁ほぼ中央部の長軸方向に加え脂肪組織を露出し、採取する大きさの両側方へ

と皮下ポケットを作成する。下腿では皮下脂肪組織が薄いため、皮下の剥離は、真皮下に一部脂肪組織を付着させる程度とし、筋膜側に極力脂肪を



図 9. 逆行性後脛骨動脈皮弁

a|b|c|d

- a : 脛骨の露出創に対し，その上方に皮弁をデザイン
- b : 後脛骨動脈を近位で結紮し逆行性に挙上
- c : 皮弁の移動は V-Y advancement 法を用いており，皮弁採取部は一時的に創閉鎖
- d : 術後

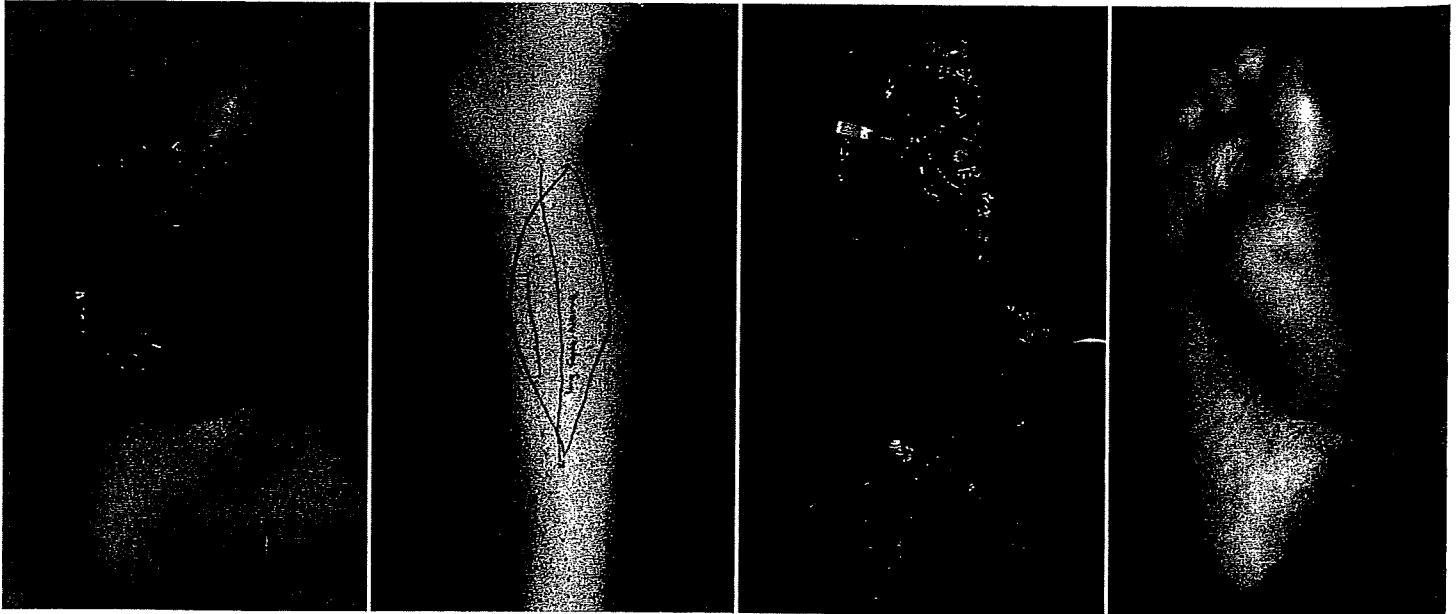


図 10. 逆行性後脛骨動脈複合皮弁

a|b|c|d

- a : 足底の MFH により，母趾の中足骨，屈筋腱，内側足底神経も切除される。
- b : 皮弁に脛骨の一部と伏在神経を含めてデザイン
- c : 逆行性に挙上した複合皮弁，屈筋腱の再建には同皮切より足底筋腱を採取
- d : 術後

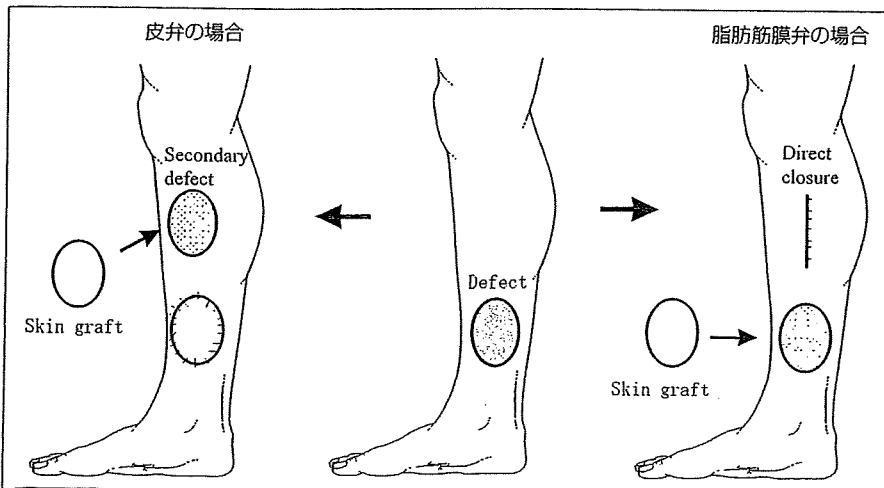
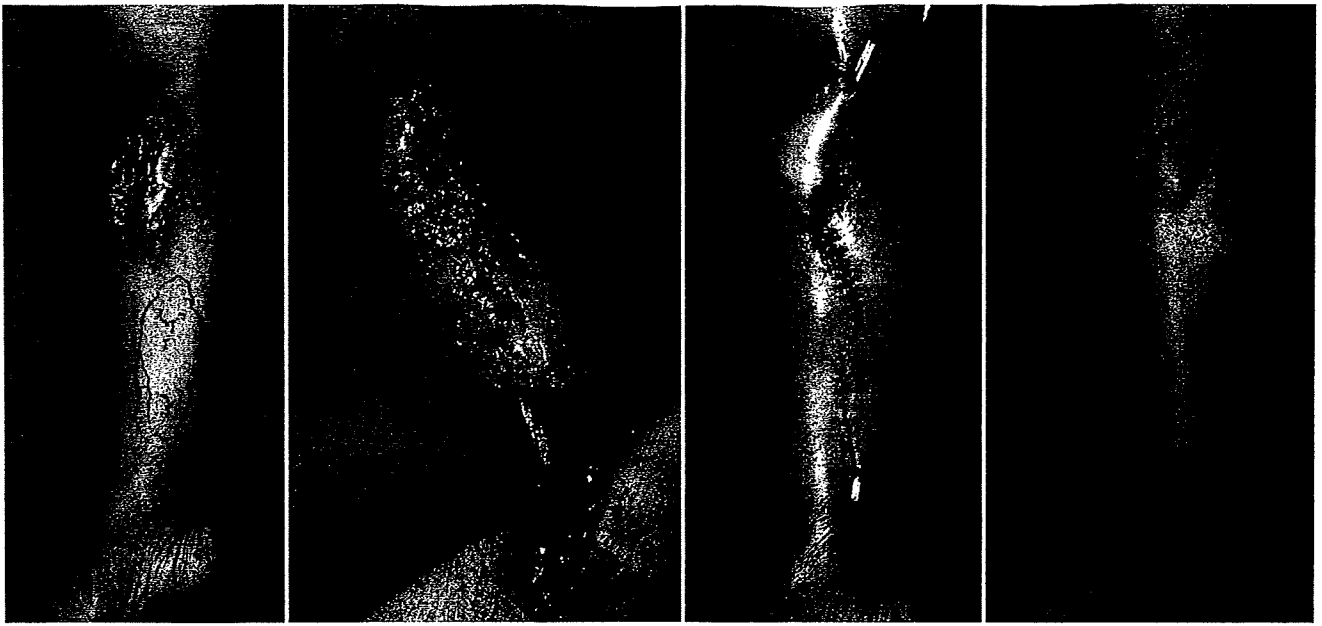


図 11.

Adipofascial flap の使用による皮弁採取部の処理

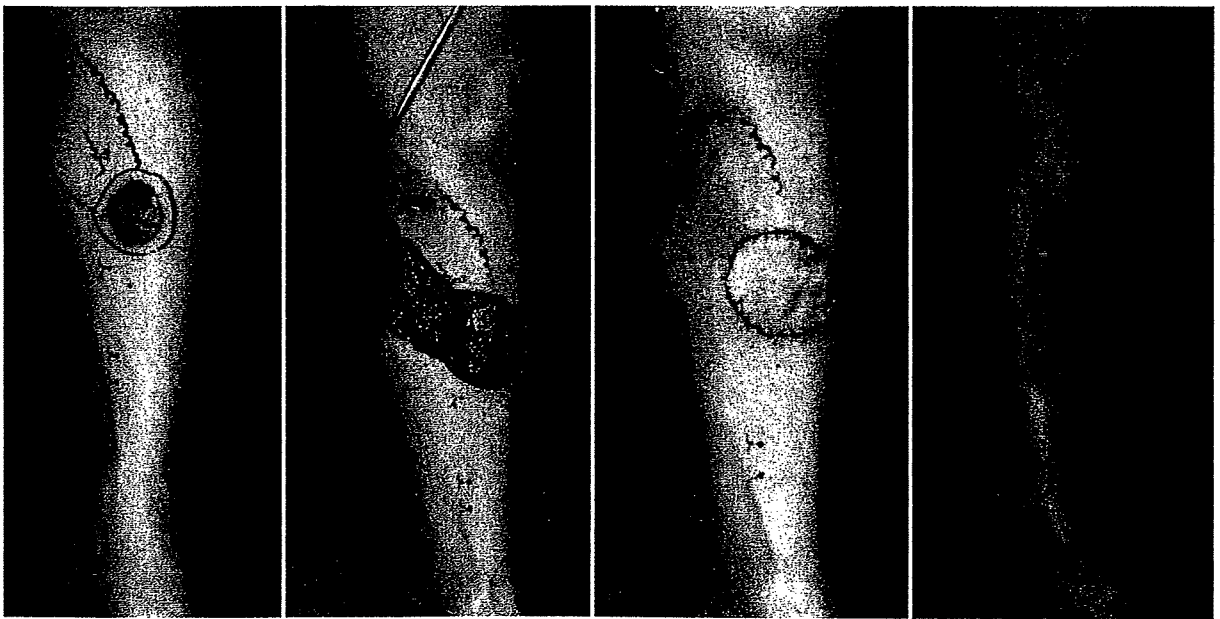
下腿に中等大の欠損が生じた場合，皮弁採取により生じた欠損に対する処置が必要となり，瘢痕の長さが大きい。脂肪筋膜弁で再建した場合，皮弁採取部は一次縫合されるため，線状瘢痕を残すのみとなる。



a|b|c|d

図 12. 後脛骨動脈 adipofascial flap

- a : 脛骨の部分的な露出を認める不良肉芽創
- b : 後脛骨動脈を血管径とした adipofascial flap
- c : Adipofascial flap を移行し, その上面に単径部からの全層植皮を行う.
- d : 術後



a|b|c|d

図 13. 内視鏡下に挙上した adipofascial flap

- a : 脛骨前面の基底細胞癌と穿通枝を利用した adipofascial flap のデザイン
- b : Adipofascial flap の遠位側に小切開を置き, 剝離は内視鏡下に行う.
- c : Turn over して, その上に単径部より全層植皮
- d : 術後. 皮弁採取部は膝下にわずかな線状瘢痕を残すところまで改善

残すようにする. 続いて, 欠損のデザインに沿って脂肪筋膜弁の辺縁を筋膜下層まで切開して裏面へ至り, 茎血管を含め全体を挙上する. 採取部は一次縫合し, 移行した脂肪筋膜弁上に遊離植皮を行う. また, 下腿から足部など末梢へ移行する際には, 脂肪の厚さを減じて, 再建部が bulky とな

らないなどの利点がある(図 12, 13).

まとめ

遊離皮弁の開発とそれに続く筋・筋皮弁, 筋膜皮弁の導入は, それまで困難とされてきた下腿・足部の再建に大きな変革をもたらした. 下腿をド

ナーとする筋・筋皮弁は術後の機能障害や皮弁採取部の変形などから、その適応は徐々に限られてきている。筋膜皮弁は下腿・足部のほぼ全域で作成できることから、中等大までの欠損には極めて有用である。しかし、採取部を同側の患肢に求めるため被覆できる範囲には制限があり、その場合が遊離皮弁の適応と考える。

文 献

- 1) McGregor, I. A., et al.: Axial and random pattern flap. Br J Plast Surg. **26**: 202-207, 1973.
- 2) Taylor, G. I., et al.: The vascular territories (angiozone) of the body: Experimental study and clinical applications. Br J Plast Surg. **40**: 113-132, 1987.
- 3) 丸山 優ほか: 筋膜・中隔皮弁の作り方. 形成外科. **35**: 1369-1373, 1992.
- 4) 丸山 優, 澤泉雅之: 皮弁の基本手技. 手術. **50**: 1569-1580, 1996.
- 5) 丸山 優, 澤泉雅之: 新しい皮弁の概念と分類 (I), 皮弁移植法最近の進歩(第2版), 形成外科アドバンスシリーズ I-4. 鳥居修平編. 3-11, 克誠堂出版, 2003.
- 6) 澤泉雅之, 丸山 優: 関節・関節間血行パターン認識と中隔皮弁. 形成外科. **39**: 1011-1021, 1996.
- 7) Ponétn, B.: The fasciocutaneous flap: Its use in soft tissue defects of the lower leg. Br J Plast Surg. **34**: 215-220, 1981.
- 8) Amarante, J., et al.: A new distally based fasciocutaneous flap of the leg. Br J Plast Surg. **39**: 338-340, 1986.
- 9) Hong, G., et al.: Reconstruction of the lower leg and foot with the reverse pedicled posterior tibial fasciocutaneous flap. Br J Plast Surg. **42**: 512-516, 1989.
- 10) 澤泉雅之ほか: 逆行性後脛骨動脈皮弁の応用と評価. 形成外科. **39**: 797-805, 1996.
- 11) 澤泉雅之ほか: 後脛骨動脈穿通枝を茎とした皮弁移植術. 形成外科. **40**: 559-566, 1997.
- 12) 澤泉雅之, 丸山 優: Adipofascial flap を用いた下肢皮膚欠損の再建. 形成外科. **41**: 345-354, 1998.