手術用顕微鏡を用いた下腿三分枝動脈への 血行再建術：手術手技と遠隔成績

横 川 雅 康 三 崎 拓 郎 鈴 木 衛 杉 木 実
阿 部 吉 伸 山 本 恵 一 上 山 武 史* 明 元 克 司*
富 川 正 樹**

当科では1984年以来、下腿動脈の血行再建に顕微鏡下手術手技を導入して開存成績の向上を図ってきた。これまでにを行った下腿三分枝動脈へのバイパス術は38例40肢あり、これらの症例に対し44回の血行再建術を行った。原則として自家大伏在静脈を使用し、手術用顕微鏡使用下、10倍拡大で血管内腔を観察し、5倍拡大で縫合操作を行った。縫合糸は7-0または8-0 polypropylene糸を用いた。末梢吻合部位は下腿動脈中枢側24肢、遠位側20肢である。入院中に早期閉塞をきたしたものが4肢9.1%あり、また遠隔期にも3肢が閉塞した。バイパス閉塞は末梢run off不良群に多くみられ、run off良好群では閉塞はなかった。累積開存率は5年79.0%、8年67.7%で、救肢率は92.5%であった。入院死亡は1例2.6%であった。下腿動脈の正確な吻合には顕微鏡下手術手技が有用であり、これにより術後の血栓形成や早期閉塞が避けられる。また遠隔成績の向上も期待される。日心外会誌24巻3号：155-160 (1995)

Keywords：重症虚血肢，手術用顕微鏡，下腿血行再建，開存成績

Tibial Bypass Grafting Using a Surgical Microscope : Techniques and Long Term Results

Masayasu Yokokawa, Takurou Misaki, Mamoru Suzuki, Minoru Sugiki, Yoshinobu Abe, Keiichi Yamamoto, Takeshi Ueyama*, Katsushi Akemoto* and Masaki Tomikawa** (Department of Surgery, Toyama Medical and Pharmaceutical University, Toyama, Japan, Department of Cardiovascular Surgery, Kanazawa National Hospital*, Kanazawa, Japan and Tomikawa Clinic**, Toyama, Japan)

Magnification of the surgical field is considered an essential technique for performing accurate surgery on small caliber arteries. For this reason, we use the transmicroscopic technique of vascular surgery on the tibial arteries. We obtained good results in long term patency. Our experience and results in bypass grafting to the tibial artery using a microscope are reported. Forty-four tibial artery bypasses using transmicroscopic techniques were performed in 38 consecutive patients between June 1984 and December 1992. Twenty-seven patients had arteriosclerosis obliterans, 5 had thromboangitis obliterans, 5 had acute arterial occlusion and 1 had traumatic vascular injury. Patient ages ranged from 37 to 78 years old. Thirty-five were men and 3 were women. Twenty-six surgeries were performed for limb threatening and 14 were for disabling claudication. All patients were examined with conventional aortic lower extremity angiography preoperatively. The reversed saphenous vein was used in 38, in-situ saphenous vein in 3 and composite vein to vein graft in 2. All distal anastomoses were performed by the transmicroscopic technique. Continuous sutures were used for recipient vessels larger than 1.0 mm in diameter. However interrupted 8-0 sutures were chosen for smaller vessels. Distal anastomosis was made at the proximal portion of the tibial artery in 24 cases, while the distal portion of the tibial artery was used in 20 cases. On preoperative angiography, the condition of the tibial arteries affected the patency rate when runoff was poor or fair. Nine cases were judged to have "poor" runoff. Three of these became occluded during the early postoperative period, and 1 during the late phase. Eight cases were judged to have "fair" runoff. One of these became occluded during the early postoperative period, and 3 during the late phase. There were no graft failures identified

1994年3月3日受付，1994年7月6日採用

富山医科薬科大学第1外科 〒930-01 富山市杉谷2630

*国立金沢病院心臓血管外科

**富川クリニック

throughout the follow-up period in patients with good runoff. Cumulative patency rates were 86.2% after 1 year, 79.0% after 5 years, and 67.7% after 8 years, respectively. The patency rate of the 24 grafts in which distal anastomosis was performed on the proximal tibial artery was 71.4% after 5 years. The patency rate of the 20 grafts on the distal tibial artery was 93.3% after 5 years. There was no significant difference observed in the patency of these two groups. Hospital mortality was 2.6%. Femorotibial bypass using transmicroscopic technique could save severely ischemic limbs while maintaining hospital mortality at a low level and reducing limb loss. The advantage of microscopic surgery is achieving fine observation because the magnification level is changeable, depending on the field needed. In anastomosis of small caliber vessels like the tibial artery, magnification by 10 times is important to observe the characteristics of the intima of the recipient artery. Subsequently, the procedure is performed by transmicroscopic techniques under magnification by 5 times, which provides much higher accuracy for suture than surgical loupe. High magnification prevents intraoperative technical error and unexpected injury. Jpn. J. Cardiovasc. Surg. 24: 155-160 (1995)

重症虚血肢に対する下腿血行再建は、肢救命のための最も効果的な方法であり、最近では足関節以下の末梢動脈に対するバイパスも試みられている^{1,2)}。しかし下腿三分枝動脈以下の血行再建では、対象となる宿主動脈径が細いため、従来の肉眼直視下やルーペ使用下では血管吻合が不正確とならざるをえない。当科では 1984 年以来、膝下動脈領域の血行再建に顕微鏡下手術手技を導入して開存成績の向上を図ってきた³⁾。そこで本論文では、当科での下腿三分枝動脈への血行再建術式および開存成績につき検討を加える。

対象および方法

対象は 1984 年に顕微鏡下血管吻合手技を導入後 1992 年 12 月までに経験した下腿虚血症例 38 例で、40 肢に対し計 44 回の下腿血行再建を行った。男女比は 35:3、平均年齢は 61.7 ± 10.6 歳 (37~78 歳) であった。対象疾患の内訳は、慢性閉塞性動脈硬化症 27 例、閉塞性血栓性血管炎 5 例、急性動脈閉塞 5 例、血管外傷 1 例であった。初回手術が 36 肢、再手術が 6 肢、3 回目および 4 回目の血行再建がそれぞれ 1 肢であった。術前下肢虚血症状は、高度間歇性跛行が 35.0%、安静時痛が 40.0%、虚血性潰瘍・壊死が 25.0% で、救肢目的が 65.0% を占めていた (表 1)。併存症として、15 例 (39.5%) に高血圧、7 例 (17.5%) に虚血性心疾患、6 例 (15.8%) に脳血管障害、10 例 (26.3%) に糖尿病、その他 1 例ずつに慢性腎不全、再生不良性貧血、自己免疫性溶血性貧血の合併が認められた。また 5 例に腹部大動脈瘤の合併を認めた。

表 1 顕微鏡下血行再建症例

症例	38 例 40 肢
男女比	35:3
平均年齢 (歳)	61.7 ± 10.6 (37~78)
術前下肢虚血症状	
高度間歇性跛行	14 肢 (35.0%)
安静時痛	16 肢 (40.0%)
虚血性潰瘍・壊死	10 肢 (25.0%)

これらは術前血管造影検査で、下腿動脈の run off の状態により以下の三群に分類された。すなわち本研究では、run off 良好群：下腿三分枝開存または二分枝開存+弓状動脈開存 (12 肢)、run off 中等度障害群：下腿二分枝開存+弓状動脈欠損または一分枝開存+弓状動脈開存 (18 肢)、run off 不良群：上記以外のもの (10 肢) を対象とした。

下腿バイパスの材料は原則として同側の自家大伏在静脈を使用し、逆転静脈グラフト (以下 RSVG と略) (38 肢) または *in situ* グラフト (以下 *in situ* と略) (3 肢) とした。適当な大伏在静脈がないか、長さが足りない場合は、対側の大伏在静脈を用いるか、静脈-静脈吻合による composite graft とした。また 12 肢 (腸骨-大腿動脈間バイパス 6 肢、大腿-膝窩動脈間バイパス 6 肢) で同時に中枢側血行再建を併施した。これ以外に大腿-膝窩-下腿動脈の sequential バイパスとしたものが 3 肢含まれている。

手術手技：下腿動脈へのアプローチは内側到達法とし、グラフトの走行は内側皮下を這わせた。前脛骨動脈のみは外側より到達し、グラフトは内

表2 中枢および末梢吻合部位

中枢側吻合部位		末梢側吻合部位	
総大腿動脈	24 肢	近位下腿動脈	24 肢
浅大腿動脈	3 肢	脛骨腓骨動脈幹	13 肢
膝上膝窩動脈	14 肢	前脛骨動脈	3 肢
膝下膝窩動脈	3 肢	後脛骨動脈	7 肢
		腓骨動脈	1 肢
		遠位下腿動脈	20 肢
		後脛骨動脈	17 肢
		腓骨動脈	3 肢

側より骨間膜を通すようにした。下腿動脈の吻合に際してはディスポーザブルの非損傷型血管クランプを用いて血流を遮断した。手術用顕微鏡にはZeiss 社製、OPMi7 型を用い、顕微鏡下で動脈切開を行い、吻合口径はグラフト径の約3倍とした。10倍拡大で血管内腔を観察し、内腔の性状を確認した。もし吻合に不适当と判断すればより末梢へ剥離を進める。次いで5倍拡大で7-0または8-0 polypropylene 糸を用いて縫合操作を行った。この際動脈径が1.0 mm 以下であれば結節縫合、1.0 mm 以上であれば連続縫合とした。

吻合部位：吻合形成はすべて端側吻合であり、中枢吻合部は原則として総大腿動脈（24肢）または膝上膝窩動脈（14肢）としたが、浅大腿動脈と膝下膝窩動脈に吻合した症例がおのおの3肢あった。末梢吻合部は下腿動脈近位側に吻合したものが24肢（脛骨腓骨動脈幹13、前脛骨動脈3、後脛骨動脈7、腓骨動脈1）、下腿動脈遠位側に吻合したものが20肢（後脛骨動脈17、腓骨動脈3）であった（表2）。

なお本研究での統計処理は「STAX」を用い、累積開存率はKaplan-Meier 法により求めた。有意差検定にはStudent *t*-test を用いた。

症 例

顕微鏡下手術手技を用いた大腿-膝窩-遠位後脛骨動脈バイパス術の1例を提示する。

症例は58歳の男性で、右下肢安静時痛を主訴として来院した。糖尿病と高血圧の合併を認めた。足関節/上肢血圧比は右0.35、左1.04であった。術前血管造影で浅大腿動脈の閉塞を認め、下腿動

図1 術前血管造影

A：浅大腿動脈の閉塞を認める。B：脛骨・腓骨動脈幹の90%狭窄および後脛骨動脈起始部の閉塞を認める。前脛骨動脈と腓骨動脈は下腿中央で閉塞している。

図2 術後血管造影

バイパスグラフトの開存は良好である。

脈では後脛骨動脈のみが足部弓状動脈に連続していたが、その起始部は閉塞しており、run off は中等度障害と判定された（図1 A, B）。

手術は硬膜外麻酔下で行い、中枢側より順に大腿動脈、膝窩動脈、さらに足関節部で遠位後脛骨動脈を剥離・露出した。この後同側の大伏在静脈を採取した。後脛骨動脈の外径は 1.5 mm、採取した静脈の径は 3.0 mm であった。

最初に人工血管 (径 6 mm PTFE) を用いた大腿-膝窩動脈間バイパスを行った。次いで採取した自家静脈を逆転静脈グラフトとして下腿バイパスを行い、末梢側より吻合を開始した。顕微鏡下操作で遠位後脛骨動脈に縦切開を加え、内膜の性状を確認した後、7-0 polypropylene 糸で連続縫合を行った。末梢吻合終了後、グラフト中枢端を大腿-膝窩動脈間バイパスの末梢に吻合し手術を終了した。術中電磁血流計による測定では、血流量 50 ml/分、血流波形は I 型であった。

術後安静時痛は消失し、足関節/上肢血圧比も 1.0 以上に改善した。術後血管造影でバイパスグラフトの開存を確認した (図 2)。

結 果

術後 1 か月以内の早期閉塞は run off 不良群で 3 肢 (33.3%)、中等度障害群で 1 肢 (5.6%) の計 4 肢であった。また晩期閉塞は run off 不良群で 1 肢 (10.0%)、中等度障害群で 2 肢 (11.1%) の計 3 肢であった。晩期閉塞のうち 1 肢は血栓除去により再開通を得たが、1 肢は膝関節切断となった。残りの 1 肢はバイパス閉塞を繰り返し 4 回の下腿血行再建を行ったが、最終的に初回手術より 79 か月後に閉塞した。run off 良好群で閉塞したものは 1 例もなかった。

末梢吻合部位別開存率は下腿動脈近位側に吻合した症例で 1 年 85.7%、5 年 71.4%、8 年 71.4% であり、遠位側に吻合した症例では 1 年 93.3%、5 年 93.3%、8 年 46.7% であった。両群間に有意差は認めなかった (図 3)。

全体の累積開存率は、1 年 86.2%、5 年 79.0%、8 年 67.7% であった (図 4)。肢切断例は計 3 肢で、救肢率は 92.5% であった。

在院死亡は 1 例 (2.6%) あり、術後 4 か月に人工血管感染から敗血症により失った。また遠隔期に 7 例が他病死していた。

図 3 吻合部位別累積開存率

—□—近位下腿動脈, —◇—遠位下腿動脈

図 4 顕微鏡下下腿血行再建症例の累積開存率

考 察

下腿三分枝動脈の外径は本邦人の大部分で 2.0 mm 以下であり、肉眼やルーペ使用下では、血管内壁の性状確認や正確な吻合操作を行うことが困難である。この対策として、今回顕微鏡下手術で術野の拡大を試みた。これにより血管内膜の状態を詳細に観察することが可能となり、不用意な操作で血管壁を傷つけることなく、正確な運針が可能であった。この結果、5 年 79.0%、8 年 67.7% と良好な開存成績が得られたものとする。Shah ら⁴⁾は、*in situ* による long bypass の 5 年開存率は 61% であったとしており、Klamer ら¹⁾は 30 か月で 81% と報告している。当科の成績はこれまでの報告に比べても遜色ない結果であった。

顕微鏡下血行再建では、顕微鏡を操作しうる十分な視野を平面状に確保することが重要である。この点より考えると、下腿動脈への到達法は内側アプローチが有利であり、また吻合部位は脛骨・腓骨動脈幹を含めた下腿上 1/3 もしくは下 1/3 より末梢の遠位動脈が適当であると考えられる⁵⁾。

顕微鏡下手術の特徴として視野の拡大率を自由に変更できることが挙げられる。微細な観察を必要とする場合は強拡大とし、ある程度視野の広さを必要とする場合は、拡大率を下げて術野を広く確保することが可能である。われわれは動脈切開後、内膜の状態を観察する場合は10倍の強拡大とし、吻合操作時には術野を確保するため5倍拡大下で行うようにしている³⁾。

顕微鏡下での血管吻合は、筋皮弁などの遊離組織移植にみられるように端端吻合が一般的である。しかし端側吻合でも支障なく施行可能であり、われわれは吻合部中枢側への逆行性灌流や側副路温存のためにも原則として端側吻合とするようにしている。とくに宿主動脈との口径差がある場合、端側吻合のほうが手技的に容易であると思われる。縫合糸は7-0または8-0 polypropylene糸を使用し、初期には確実な吻合を心掛けるためにすべて結節縫合としていた。しかし顕微鏡下血管吻合手技に習熟するにつれ連続縫合でも手術成績が安定するようになり、現在は動脈外径が1.0 mm以上あれば連続縫合でも十分縫合可能と考えている。

下腿動脈再建は肢救命に安全かつ最も有効と考えられるが⁸⁾、このためには適当なバイパス材料のあることが必要不可欠である。これまでに自家静脈、composite graft、人工血管を比較した報告があるが、長期的にみた場合自家静脈以外の開存率は極めて不良であり^{7,8)}、われわれは自家静脈以外のバイパス材料は下腿血行再建に使用すべきではないと考えている。自家静脈の使用法として、近年 *in situ* が広く用いられるようになり、その良好な開存成績が多く報告されている^{9,10)}。しかしRSVGとの比較による優劣はまだ結論がでておらず、RSVGでの良好な開存成績の報告もある¹¹⁾。Wengerterら¹²⁾は *in situ* とRSVGで開存成績に差は認めなかったとしており、またBeardら¹³⁾は *in situ* とRSVGを比較し血行動態的には差がなかったと報告している。われわれは以前より行ってきてとくに不都合を感じていないことや、これまでの経験で慣れていることもありRSVGを選択することが多く、RSVGでも問題はないものと考えている。静脈グラフトの使用に際

しては、その使用法よりも壁の状態や太さといった質のほうが開存成績に影響するであろうと考えられる²⁾。Wengerterら¹⁴⁾はRSVGで静脈径が開存率に及ぼす影響を検討し、3.5 mm以上であれば良好、3.0 mm未満のものは開存成績不良であったとしている。今回静脈グラフトの質に関して検討は行わなかったが、下腿血行再建を行う場合、十分考慮する必要があると思われる。

Run offの良否も開存成績に影響を与える。Sipponenら¹⁵⁾は足部弓状動脈が開存しているかどうか長期成績に大きく関与していると報告している。われわれの結果でもrun off良好例では早期閉塞、晚期閉塞とも認めなかったが、run off不良例では早期閉塞が多かった。また術前造影でrun off動脈を認めず、ドブラ血流計で聴取しえた動脈に吻合した症例が1例あったが、これは術後早期に閉塞した。Harringtonら²⁾もドブラ計で吻合予定動脈の開存を判定したような症例では11例中8例が閉塞したとしており、このような症例は血行再建の適応から除外すべきと思われる。

下腿血行再建術の成績向上のためにはrun offの状態や吻合予定動脈の選択などの術前診断ならびに静脈グラフトの評価などももちろん重要であるが、正確な手術操作で吻合を行うことはそれにもまして重要である。しかし、この点から術野の視認性を改善することについて検討した報告は少なく、多くは肉眼またはルーペ使用下で吻合操作を行っている。手術用顕微鏡を用いた拡大視野下で血管を愛護的に扱い、正確な吻合を行うことが術後の血栓形成を予防する最も確実な手段であり、これにより早期閉塞が避けられ、遠隔期にも良好な開存成績が得られるものとする。

結 語

顕微鏡下血管吻合手技を用いた下腿血行再建の症例を提示し、また当科での手術成績について報告した。手術用顕微鏡を使用することにより安定した手術成績が得られることが認識されれば、下腿血行再建もより一般的な手術となるのではないかと期待される。

文 献

- 1) Klamer, T. W., Lambert, G. E., Richardson, J. D., et al.: Utility of inframalleolar arterial bypass grafting. *J. Vasc. Surg.* **11**: 164-170, 1990.
- 2) Harrington, E. B., Harrington, M. E., Schanzer, H., et al.: The dorsalis pedis bypass—Moderate success in difficult situations. *J. Vasc. Surg.* **15**: 409-416, 1992.
- 3) Tomikawa, M., Ueyama, T., Yokokawa, M., et al.: Tibial artery revascularization utilizing microscopic vascular technique. *Vasc. Surg.* **24**: 475-481, 1990.
- 4) Shah, D. M., Darling III, R. C., Chang, B. B., et al.: Is long vein bypass from groin to ankle a durable procedure? An analysis of a ten-year experience. *J. Vasc. Surg.* **15**: 402-408, 1992.
- 5) 上山武史, 横川雅康, 明元克司: 膝窩動脈および下腿三分枝動脈への到達法. *手術* **44**: 285-291, 1990.
- 6) Bloom, R. J., Stevick, C. A. and Alto, P.: Amputation level and distal bypass salvage of the limb. *Surg. Gynecol. Obstet.* **166**: 1-5, 1988.
- 7) Feinberg, R. L., Winter, R. P., Wheeler, J. R., et al.: The use of composite grafts in femorocrural bypasses performed for limb salvage: A review of 108 consecutive cases and comparison with 57 in situ saphenous vein bypasses. *J. Vasc. Surg.* **12**: 257-263, 1990.
- 8) Londrey, G. L., Ramsey, D. E., Hodgson, K. J., et al.: Infrapopliteal bypass for severe ischemia: Comparison of autogenous vein, composite, and prosthetic grafts. *J. Vasc. Surg.* **13**: 631-636, 1991.
- 9) Leather, R. P., Shah, D. M. and Karmody, A. M.: Infrapopliteal arterial bypass for limb salvage: Increased patency and utilization of the saphenous vein used "*in situ*". *Surgery* **90**: 1000-1008, 1981.
- 10) Hurley, J. J., Auer, A. I., Binnington, H. B., et al.: Comparison of initial limb salvage in 98 consecutive patients with either reversed autogenous or in situ vein bypass graft procedures. *Am. J. Surg.* **150**: 777-781, 1985.
- 11) Taylor, L. M. Jr, Edwards, J. M., Porter, J. M., et al.: Reversed vein bypass to infrapopliteal arteries—Modern results are superior to or equivalent to in-situ bypass for patency and for vein utilization. *Ann. Surg.* **205**: 90-97, 1987.
- 12) Wengerter, K. R., Yang, P. M., Veith, F. J., et al.: A twelve-year experience with the popliteal-to-distal artery bypass: The significance and management of proximal disease. *J. Vasc. Surg.* **15**: 143-151, 1992.
- 13) Beard, J. D., Lee, R. E., Aldoori, M. I., et al.: Does the in situ technique for autologous vein femoropopliteal bypass offer any hemodynamic advantage? *J. Vasc. Surg.* **4**: 588-594, 1986.
- 14) Wengerter, K. R., Veith, F. J., Gupta, S. K., et al.: Influence of vein size (diameter) on infrapopliteal reversed vein graft patency. *J. Vasc. Surg.* **11**: 525-531, 1990.
- 15) Sipponen, J., Ala-Kulju, K., Ketonen, P., et al.: Femorotibial bypass grafting for lower limb ischaemia. *Inter. Angio.* **8**: 65-69, 1989.