

糖尿病合併重症虚血肢に対する下腿動脈以下へのバイパス術 - 石灰化動脈への吻合法を中心に -

東 信良 稲葉 雅史 内田 恒 羽賀 将衛
赤坂 伸之 角浜 孝行 郷 一知* 笹嶋 唯博

要 旨：糖尿病(DM)性動脈硬化症に対する下腿または足部動脈へのバイパス術をこの10年間に59例70肢の重症虚血肢に施行し、その一次および二次累積グラフト開存率、累積救肢率は3年でそれぞれ63, 93, 91%であった。DM歴の長い例や維持透析例では末梢動脈にも石灰化を伴っているが、血流遮断法や縫合法の工夫によって全周高度石灰化動脈へ問題なく吻合可能であった。下腿動脈以下末梢へのバイパス術は、石灰化動脈を含めたより困難なDM合併重症虚血肢に対して広く適応できる手段であり、良好なグラフト開存と救肢が期待できる。

(J Jpn Coll Angiol, 2004, 44: 653-658)

Key words: diabetic atherosclerosis, calcification, calcified artery, paramalleolar bypass, pedal bypass

はじめに

糖尿病(DM)の増加に伴い、重症虚血肢例が増加している。糖尿病性動脈硬化症(DMASO)は下腿動脈に好発するため、その下腿動脈病変を越えて足関節領域へバイパスしなければ救肢に十分な血行回復は期待できない。重症虚血肢であって下腿動脈に高度の病変があっても、ほとんどの例で吻合可能な足部の動脈が存在する。しかし、DM歴の長い症例や維持透析例では末梢動脈に至るまで石灰化を認める場合が多く、手術を困難にしている。本稿では、そうした石灰化動脈へのバイパス手術が可能であり、良好なグラフト開存と救肢が達成可能であることを、特に手術手技を中心に報告する。

対象と方法

対 象

最近の10年間におけるDM合併重症虚血肢は83例103肢であり、そのうちの約70%に相当する70肢で下腿動脈以下へのバイパス手術を施行した。対象の年齢、性

別、背景因子、ならびに施行した術式をTables 1, 2に示す。

手術方法

(1) 末梢吻合部の露出

術前造影で、可及的に病変が少なく、かつ虚血部に有効に血流を供給できる部位を末梢吻合部として選択するが、血管造影で吻合可能な動脈が造影されない場合であっても、心拍同期MRA(magnetic resonance angiography)で良好に描出されたり、あるいは、術中により末梢(大腿動脈や膝窩動脈)から直接造影することで描出されることがある。さらに、いずれの方法でも吻合可能な動脈が描出されない場合であっても、arteriosclerosis obliterans(ASO)の場合にはthromboangitis obliterans(TAO)と異なり、そこに組織が維持されている限り、術中足背動脈または足底動脈を剥離してみてもいずれかに吻合可能な動脈が見つかることがあるので、切断を行う前に最後までバイパスの可能性を断念すべきでないと考えている。末梢吻合予定の動脈は、分枝を可及的に温存するよう剥離し、できるだけ病変の少ないところを選択するよう努めることが血管外科

旭川医科大学第一外科

*旭川医科大学救急医学講座

2004年4月26日受理

Table 1 Patient's characteristics
All patients have type 2 diabetes

Clinical characteristics (59 patients, 70 limbs)	
Male gender	81.3%
Age	39–86 (66.8±9.3**)
Fontaine IV	81.4%
Risk factors	
Hypertension	59.3%
Coronary disease	33.9%
Hemodialysis*	33.9%
Cerebrovascular disease	16.9%

*Hemodialysis dependent renal disease, **mean±SD

手技において最も重要であり、病変の少ない動脈への吻合は容易で、かつ、より長期間の開存を期待できる¹⁾。末梢吻合予定部位に高度な石灰化を認める場合の対策は後述する。

(2) 中枢吻合部の露出

中枢吻合部位は総大腿動脈とすることが多いが、DMASOで病変が下腿動脈に局限していた3肢では膝窩動脈を中枢吻合とした。

(3) グraftの準備

患側の大伏在静脈(GSV)が使用可能である場合、reversed graftとして使用するか*in situ* graftとして使用するかは議論の多いところであったが、術後の成績に両者間に有意差がないことから、現在では術者の選択に任されている^{2,3)}。しかし、足部の動脈は内径1mmから1.5mmであり、そうした小口径動脈にreversed graftの大口径で肉厚の静脈を吻合するのは違和感を覚える。LeMaitreのバルブカッターが開発され普及した今日、簡便に*in situ*法が施行できるようになり、グラフトが良質である限り、教室では好んで*in situ*法で口径差の少ない末梢吻合を行っている。

同側のGSVが使用不能の場合には、同側の小伏在静脈(LSV)、GSV分枝、対側GSVまたはLSV、上肢静脈のいずれかを選択し、単一の静脈で十分な長さが得られなければveno-venous composite graftを作製して使用した(Table 3)。下腿動脈以下へのバイパスには自家静脈グラフトが必須であり、上肢静脈であっても良好な遠隔期成績が得られるので、この領域に人工血管を使

Table 2 Distal anastomotic site of infrapopliteal bypass for patients with diabetic atherosclerosis

Distal anastomotic site	No. of grafts (%)
Anterior tibial	13 (18.6%)
Posterior tibial	30 (42.9%)
Peroneal	2 (2.9%)
Dorsalis pedis	20 (28.6%)
Plantar	5 (7.1%)

Table 3 Graft materials for infrapopliteal bypass operations

Graft materials	Number of grafts
<i>In situ</i> vein graft	39
Reversed vein graft	31
Ipsilateral GSV	15
Contralateral GSV	1
Veno-venous composite	15
containing LSV	10
containing arm vein	1

GSV: greater saphenous vein, LSV: lesser saphenous vein

用すべきではない⁴⁾。TASCでも、GSVが使用不能の場合、上肢静脈を含むあらゆる自家静脈を第二選択とし、それでも不足する場合にはじめてvein cuffやAVF造設などの手段を施した人工血管の使用を考慮すべきとしている¹⁾。ただし、自家の静脈グラフトは有限であり、その使用は計画的に行い、いったん使用した静脈グラフトは大切に長期間開存するよう術後のgraft surveillanceを徹底すべきである¹⁾。静脈グラフトは、吻合開始までの間、ヘパリン化生理食塩水中に浸漬しておくよりヘパリン化自家血に浸漬しておく方が、内皮細胞の脱落が少なく、移植後の再内皮細胞化が早いという基礎検討結果に基づき⁵⁾、グラフト調整や吻合開始までの保存に術野から採取したヘパリン化自家血を用いている。

(4) 血流遮断と末梢吻合

中枢、末梢吻合部およびグラフトの準備ができたら、動脈を遮断して吻合を行う。足関節領域以下末梢の動脈遮断にはマイクロブルドックを用いるのが標準であり、通常は特殊な遮断手段を必要としない(石灰化



Figure 1 Femoro-dorsalis pedis bypass in a 60-year-old man with hemodialysis-dependent renal disease. Although calcification of distal arteries is severe, X-ray film shows some calcification-free segments shown as arrow (A). Finding suitable segment makes anastomosis easy without any special technique (B).

動脈に対する場合は後述)。吻合は、8-0または7-0 ポリプロピレン糸による連続縫合で行う。無支持連続縫合やheelとtoeにそれぞれ3点支持糸を置く方法などが用いられている。

(5) 石灰化動脈への吻合

長いDM歴を有する例や維持透析例では動脈石灰化が高度であり、吻合部の選択や動脈遮断、および吻合法に工夫を要する。透析例であっても、多くの例では石灰化に間隙があり、単純写真と造影写真を見比べることで、最適な吻合部位を見だし、通常どおりマイクロブルドックによって遮断して吻合可能である(Fig. 1)。しかし、一部の透析例では、厚い全周性の石灰化で、石灰化に全く隙がなく遮断不能な症例が存在する(Fig. 2)。より石灰化の薄い部分を探してもなお、そのような高度石灰化動脈への吻合を余儀なくされる場合には、無理して鉗子で遮断したりせず、バルーンを用いて内腔から動脈遮断を行う。動脈遮断の代わりに冠動脈用内シャントチューブを使用した経験もあり有用であるが、バルーンの方が遮断が確実でかつ融通が利いて便利であると考えている。吻合は通常より針がワンサイズ大きいポリプロピレン糸を用いた結節縫合で行う。糸が石灰化した動脈壁で切れてしまったり、針先がつぶれたりするため、連続縫合は困難であることが多い(Fig. 2C)。これまで、後者のごとく特殊な遮

断・吻合法を要した高度石灰化例は7肢10%であった。

(6) 術中評価

吻合が終了し、血流を再開したら、グラフト血流量の測定およびcompletion angiographyを行うことを原則としている。in situ graftを用いた場合には、術中duplex scanを行うことで、皮膚切開創を小さくでき、かつ、遺残動静脈瘤の位置を知ることができる。また、造影剤アレルギーなど造影剤を使用できない場合には、術中duplex scanや蛍光色素造影法⁶⁾を用いてグラフトや吻合部の形状を評価する。run off vesselの灌流領域の大きさに見合うだけのグラフト血流が得られていなければ、何らかの異常(グラフト捻れ・不適切な走行、弁部血栓、遺残弁、グラフト不良、大きな動静脈瘤の遺残、不適切な吻合部位選択など)が存在するはずであるので、completion angiographyなどで確認し、十分なグラフト血流量が得られるまで手術は終了すべきでなく、原因を追求して適切に対処する。

結 果

手術死亡はなかったが、入院死亡を2例に認めた。下腿動脈以下へのバイパスグラフトの一次および二次3年累積開存率はそれぞれ63%、93%であり(Fig. 3)、同時期に施行した非DM例に対するバイパス成績と同



Figure 2 X-ray film (A) and arteriogram (B) in 54-year-old woman with hemodialysis-dependent diabetic nephropathy. Arrow indicates the site we choose for distal anastomosis. Because of diffuse severe calcification of entire arterial tree (A), we utilized balloon catheter to control arterial back flow (C). Running suture is not suitable for severe calcified artery. *: balloon catheter, V: vein graft

等であった。また、周術期の大切断は3肢4.3%で、いずれもグラフト開存にもかかわらず足部の感染がコントロールできずに切断に至った維持透析例で、3年累積救肢率は91%であった。

考 察

欧米ではDMASOに対するバイパス手術の有用性がこの10年ほどの間に広く認識されるようになり、血管外科のみでなくDM治療のガイドラインにも取り上げ

られるようになってきた⁷⁾。動脈硬化先進国である米国からはすでに1,000例を超える足関節領域へのバイパス手術が報告されているが⁸⁾、わが国においては、長期間にわたって薬物療法が行われたり、あるいは血管新生療法が行われ、その治療期間中に感染が進行して大きな組織欠損を伴ってはじめて血管外科を受診する症例がしばしば経験されることから、内科医、糖尿病内科医、あるいは外科医においてすらバイパス手術の有用性やDM例における感染の恐ろしさが十分に認識

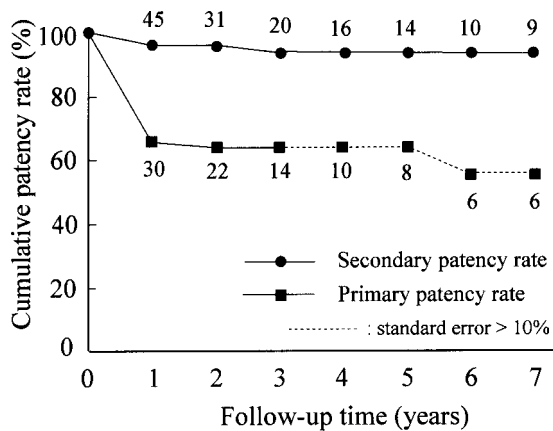


Figure 3 Life table analysis of cumulative patency rate of crural or pedal bypass in critical ischemic limbs with diabetic atherosclerosis. Number of limbs at risk for each interval time is shown.

されていないように思われる。重症虚血肢でかなりの重症例であっても、ある程度の健常組織が維持されていれば吻合可能な足部の動脈が見つかることがほとんどである。DM合併重症虚血肢例における速やかな血管外科医への紹介と迅速なバイパス手術の決断が広く啓蒙されることが望まれる。

小口径領域における石灰化動脈に対する吻合法に関する報告は古くから散見され、1980年代には石灰化部を鉗子で挟んだり破碎したりして動脈遮断や吻合を行うといった粗暴と思われる操作が紹介されているが^{9,10)}、1990年代に入ってからオクルーダーを使用した方法が紹介され、吻合後の中間期成績も非石灰化例と差がないと報告されている¹¹⁾。教室では、porcelain aortaに対するバルーンを用いた遮断下での吻合法を確立し¹²⁾、小口径動脈に対してもFogartyバルーンを用いたり、特注バルーンを試作して工夫してきた。バルーンによる動脈遮断は、バルーンの大きさや挿入する深さを調節でき確実に遮断できるほか、邪魔になれば末梢側のバルーンのみ抜去するといった融通が利いて便利であると考えている。こうした石灰化動脈への吻合手技の発達に加えて、広範な組織欠損部に対する特殊な局所療法や筋皮弁移植など、重症虚血肢に対する救肢の戦略は確実に進歩してきており¹³⁾、下腿以下、特に足関節領域へのバイパスがより重症例に対しても広く適応されることが期待される。

結 論

DM合併重症虚血肢であっても、適切な吻合部位の選択と良質な自家静脈が得られれば、良好なグラフト開存率と救肢率を達成できる。さらに、血流遮断や吻合法の工夫により、従来困難であった石灰化動脈への吻合も可能となり、下腿以下末梢動脈、特に足関節領域へのバイパス術がより広く普及されることが望まれる。

文 献

- 1) Dormandy JA, Rutherford RB: TASC working group: Management of peripheral arterial disease (PAD). TASC Working Group. TransAtlantic Inter-Society Consensus (TASC). *J Vasc Surg*, 2000, **31**: S217–S260.
- 2) Moody AP, Edwards PR, Harris PL: In situ versus reversed femoropopliteal vein grafts: long-term follow-up of a prospective, randomized trial. *Br J Surg*, 1992, **79**: 750–752.
- 3) Watelet J, Soury P, Menard JF et al: Femoropopliteal bypass: in situ or reversed vein grafts? Ten year results of a randomized prospective study. *Ann Vasc Surg*, 1997, **11**: 510–519.
- 4) Faries PL, Arora S, Pomposelli FB et al: The use of arm vein in lower-extremity revascularization: results of 520 procedures performed in eight years. *J Vasc Surg*, 2000, **31**: 50–59.
- 5) Ishikawa M, Sasajima T, Kubo Y: Re-endothelialisation in autogenous vein grafts. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 1996, **11**: 105–111.
- 6) Rubens FD, Ruel M, Fremes SE: A new and simplified method for coronary and graft imaging during CABG. *Heart Surgery Forum*, 2002, **5**: 141–144.
- 7) 糖尿病足病変に関する国際ワーキンググループ：インターナショナル・コンセンサス糖尿病足病変．医歯薬出版，東京，2000．
- 8) Pomposelli FB, Kansal N, Hamdan AD et al: A decade of experience with dorsalis pedis artery bypass: analysis of outcome in more than 1000 cases. *J Vasc Surg*, 2003, **37**: 307–315.
- 9) Ascer E, Veith FJ, Flores SA: Infrapopliteal bypasses to heavily calcified rock-like arteries. Management and results. *Am J Surg*, 1986, **152**: 220–223.
- 10) Rubin JR, Persky J, Lukens MC et al: Femoral-tibial bypass for calcific arterial disease. *Am J Surg*, 1989, **158**: 146–150.

- 11) Misare BD, Pomposelli FB Jr, Gibbons GW et al: Infrapopliteal bypasses to severely calcified, unclampable outflow arteries: two year results. J Vasc Surg, 1996, **24**: 6–16.
- 12) Sasajima T, Inaba M, Azuma N et al: Novel anastomotic method enables aortofemoral bypass for patients with porcelain aorta. J Vasc Surg, 2002, **35**: 1016–1019.
- 13) Vermassen FE, van Landuyt K: Combined vascular reconstruction and free flap transfer in diabetic arterial disease. Diabetes Metab Res Rev, 2000, **16**: S33–36.

Infrapopliteal Bypass in Patients with Diabetic Atherosclerosis - Management of Calcified Arteries -

Nobuyoshi Azuma, Masashi Inaba, Hisashi Uchida, Masae Haga, Nobuyuki Akasaka,
Takayuki Kadohama, Kazutomo Goh*, and Tadahiro Sasajima

First Department of Surgery, and *Department of Emergency Medicine, Asahikawa Medical University, Hokkaido, Japan

Key words: diabetic atherosclerosis, calcification, calcified artery, infrapopliteal bypass, pedal bypass

Background: Infrapopliteal bypass is a highly effective procedure to salvage limbs in patients with diabetic atherosclerosis (DMASO). However, techniques to manage calcified arteries in patients with diabetes and especially with hemodialysis-dependent renal failure is not fully developed yet. Here, we present the technique of distal bypass surgery in patients with DMASO, especially with severe calcified arteries. **Materials & Methods:** Seventy limbs with critical ischemia in 59 patients with diabetes underwent crural or pedal bypass surgery from 1994. Thirty-four percent of patients had hemodialysis-dependent renal disease with severe calcified arteries. Autogenous vein grafts were implanted in all patients. Venovenous composite grafts containing lesser saphenous vein, remnants of greater saphenous vein (GSV), or arm vein were used in 23% of patients who did not have adequate ipsilateral GSV. A balloon catheter was employed to control arterial back flow in 7 limbs with unclampable calcified arteries. **Results:** Operative and hospital mortality rates were 0% and 3.4%, respectively. The balloon catheter was effective in control of arterial flow for severe calcified arteries. Primary and secondary cumulative patency rates at 3 year were 63%, and 93%, respectively. Cumulative limb salvage rate was 91% at 3 years. **Conclusions:** Crural or pedal artery even with severe calcification in hemodialysis-dependent patients can be graftable. Infrapopliteal bypass surgery provides satisfactory limbs salvage rate as long as autogenous vein grafts are used. (J Jpn Coll Angiol, 2004, **44**: 653–658)