

AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

PEPARS (2010.12) 48号:80～86.

【日本のフットケア・下肢救済に必要な医療】
日本におけるフットケア・下肢救済医療
血管治療医の役割
バイパス治療

笹嶋唯博



◆特集／日本のフットケア・下肢救済に必要な医療

2. 日本におけるフットケア・下肢救済医療 血管治療医の役割：バイパス治療

笹嶋 唯博*

Key Words : バイパス (bypass), 閉塞性動脈硬化症 (ASO), 糖尿病性動脈硬化症 (diabetic atherosclerosis), 糖尿病足壊疽 (diabetic gangrene), 重症虚血肢 (critical limb ischemia), distal venous arterialization

Abstract 糖尿病足壊疽は、特異の閉塞性動脈硬化症 (ASO) に微小循環障害や動脈石灰化、さらに易感染性による壊疽の悪化病態が加わって虚血重症度が高く、高率に大切断に至る特異な虚血性疾患である。本稿ではその終末病態と言える広範壊疽・感染を伴う ASO について救肢のための外科治療を概説した。

救肢の外科治療は3段階を取る：①バイパス、特に自家静脈を用いる paramalleolar bypass が必須である。バイパス後は同時に足部壊死組織のデブリードメントを行う。②術後は感染抑制とさらなるデブリードメントが不可欠であり、感染抑制後は Vacuum assisted closure (VAC) 法により肉芽の形成を促進する。③肉芽形成後は感染抑制を確認し、表在性広範組織欠損ならば遊離植皮、骨露出を伴う広範欠損ならば free flap を行う。

これらの治療過程は本疾患の病態を良く理解した医療人による集学的治療が必須である。

はじめに

糖尿病の急激な増加と相俟って、閉塞性動脈硬化症 (arteriosclerosis obliterans; ASO) は peripheral arterial disease (PAD) の 95% を占めるようになった。糖尿病 (DM) 合併 ASO は diabetic atherosclerosis (DA) と言われ、下腿3動脈の多発狭窄・閉塞病変 (outflow 病変) を特徴とし、これに DM 特有の血行障害が重畳して虚血重症度が高く足壊疽を発生し易い。これに対しバイパス術は劇的な虚血の改善と耐久性の点から最も信頼できる治療であり、早期手術ほど早期回復が得られる。我が国は国民皆保険により安価に最高の医療が享受できるという類稀なる医療制度を誇り、DM/DA の増加によりフットケア診療も急速に発展している。恵まれた医療環境にある我が国において一方では、進行広範壊疽が多く、内科から整形外科に直行して多数の切断が今なお無定見に続けられ

ている現状は、内科診療、保存的治療、フットケア医療、循環器医による血管内治療、そして外科治療という各分野間相互の連携の悪さや全人的医療の欠落を暗示している。以上の現状を踏まえて本稿ではバイパス術の役割を解説する。

徴候・疾患によるバイパス術式の特異性

下肢動脈閉塞性病変は①骨盤、②大腿、③下腿型の3型に分類され(図1)、①②はinflow動脈、③はoutflow動脈と言われる。間欠性跛行 (intermittent claudication; IC) に対するバイパスはinflow病変による症状であるので疾患を問わずinflow再建を必要とする。一方、足趾潰瘍・壊疽は、outflow病変であることが多く、特にDM合併の有無が術式決定のポイントとなる。すなわちDAは次の3つの特有の血行障害病態を有する：①下腿動脈の粥状硬化性多発分節閉塞 (outflow 病変)、②中膜硬化症 (Mönckeberg 型石灰化)、③末梢神経障害に伴う微小循環障害。DAは以上3つの器質的、機能的血行障害を重畳するため虚血重症度が高く、非DM-ASOでは問題に

* Tadahiro SASAJIMA, 〒078-8510 旭川市緑が丘東2条1丁目1-1 旭川医科大学第一外科, 教授・旭川医科大学, 副学長

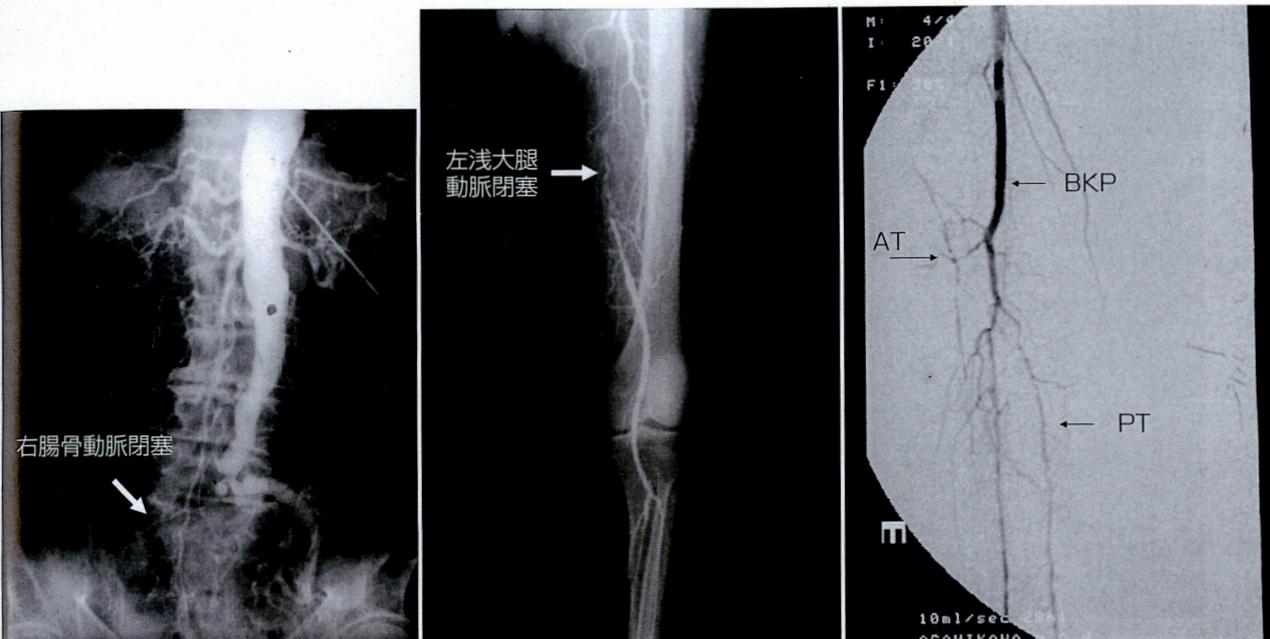


図 1.

- a|b|c
- a : 骨盤型閉塞(腸骨動脈閉塞性病変)
 - b : 大腿型閉塞(浅大腿動脈閉塞性病変)
 - c : 下腿型(下腿3動脈閉塞性病変). 膝下膝窩動脈; BKP, 前脛骨動脈; AT, 後脛骨動脈; PT



図 2.

- 68 歳, 男性. 糖尿病・維持透析
- a : 2 年に及ぶ第 1 趾難治性潰瘍
 - b : 終末後脛骨動脈の微小限局性狭窄病変(矢印)が原因と考えられ, 総足底動脈へのバイパスにより潰瘍は完治した.

ならない程度の outflow 狭窄病変でも足趾壊疽を発生する(図 2). このため非 DM-ASO では足壊疽でも大動脈-大腿動脈バイパスや大腿-膝窩動脈バイパスなどの inflow 再建が成り立つのに対し, DA の壊疽, さらには維持透析例に対するバイパ

スでは足関節以下組織欠損病変(潰瘍・壊疽)のすぐ近傍に末梢吻合部をおき, 足部末梢に旺盛に血液を供給する仕組みの形成が原則とされている(図 3).



図 3.

糖尿病壊疽に対する paramalleolar bypass の原則

- ① 足関節位へのバイパス
- ② Sequential bypass (Femoro-BK popliteal-plantal bypass)により graft 開存性の向上, interval ischemia (gangrene, calf claudication など)の防止, 救肢率の向上などが期待される。
- ③ Short bypass. Sequential bypass として, 各々 short bypass とし, また中枢吻合部は可能な限り遠位 (下位) とする。

副病変の取り扱い

ASO は粥状硬化症を基礎病理とする全身病であり, 虚血性心疾患および脳血管病変を高率に合併することから全身管理を忘れてはならない。ASO では冠動脈病変を 50% に合併するのでまず薬剤負荷心筋シンチグラフィを行い, 虚血が疑われる例には冠動脈造影を実施する。また 25% に無症候性頭蓋内・外頸動脈病変を合併するので MRA 検査を行う。有意な冠動脈病変や頸動脈狭窄病変合併例は, これらを先に再建し, 下肢動脈再建は足壊疽の治療が待てる限り 2 週後を目途に 2 期的に行うが, 下肢虚血が高度な例では頸動脈や冠動脈再建を同時に行う。下肢動脈バイパス術後は下肢だけでなく冠動脈や脳血管病変に対する定期的な surveillance を忘れてはならない。

手術適応

1. 間欠性跛行 (IC)

IC といえども活動性の高い患者では QOL が著しく障害される。したがって年齢を問わず完治を希望される例は手術適応である。また DM では運動制限が血糖コントロールの支障となるので今ひとつの手術適応の根拠となる。

2. 足趾壊疽

重症虚血肢 (critical limb ischemia ; CLI) はバイパス術の絶対適応である。DM で足趾の潰瘍・壊疽が発生した場合, ankle brachial pressure index (ABI), skin perfusion pressure (SPP), 趾動脈圧などを参考に治療方針を決定する。感染がなく虚血が軽度 (SPP > 40 mmHg) ならば, 保存的に壊疽が治癒するとされている。しかし感染を伴う湿性壊疽では虚血が軽度でも壊疽が進行し続ける例があり, 感染が抑制できずに壊疽が中枢進展する場合には SPP > 50 mmHg でもバイパスが適応となる。足背または後脛骨動脈に感染が及んだ場合は, バイパス不能となるので慎重な経過観察のもとに迅速な判断が求められる訳で, 手術適応基準や治療ガイドラインはあくまでも目安であり, 画一的に真に受けるべきではない。

骨盤型閉塞が合併する例は TASC-A ならば血管内治療, D ならば腹部大動脈-大腿動脈バイパスか非解剖学的バイパス (腋窩-大腿動脈バイパス, 大腿-大腿動脈バイパス) を選択する。また outflow 病変による壊疽例で, 腸骨~浅大腿~膝窩動脈病変 (inflow 病変) を合併する例に対しては, まず inflow 再建を行って壊疽の治癒傾向をみて, 2~3 週後でも治癒傾向の改善がない場合には, outflow 再建を 2 期的に実施する手順もあり得る。また outflow 再建として, short bypass を可能にするため, inflow の TASC-A 病変に対しては血管内治療を行う, いわゆるハイブリッド手術や膝上まで人工血管によるバイパスを行って inflow 形成を達成する方法¹⁾などが行われる。

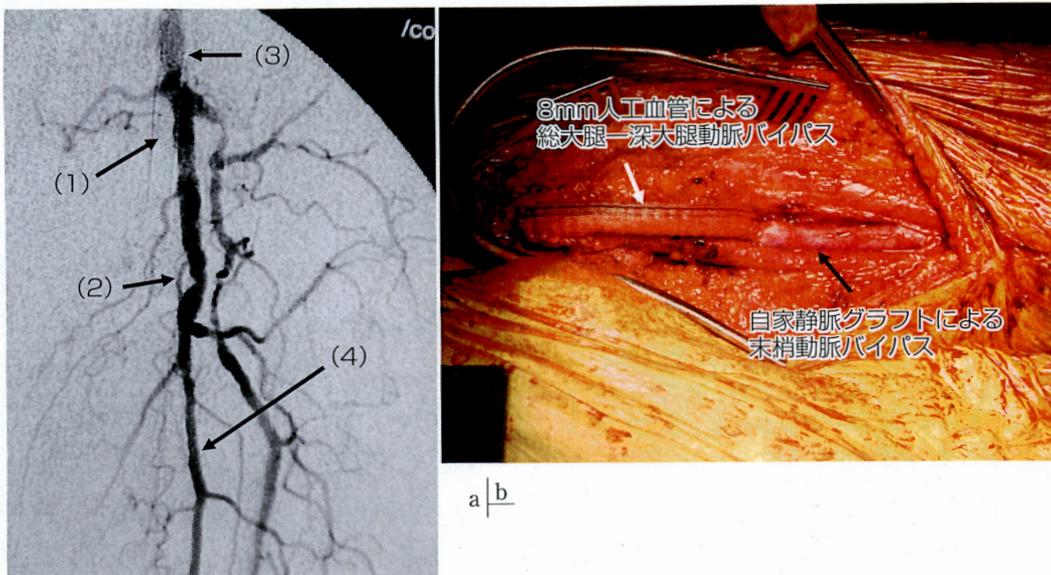


図 4. 末梢動脈バイパスのための中枢吻合部形成

浅大腿動脈閉塞(1)、深大腿動脈狭窄(2)で大動脈系は高度石灰化のため総大腿動脈(3)から深大腿動脈末梢位(4)に人工血管でバイパスを設置し(白矢印)、その末梢に自家静脈の中枢吻合部(黒矢印)を設置する。

a|b



図 5. 下腿型閉塞に対する paramalleolar bypass

- a : 足背動脈バイパス
- b : 内側足底動脈バイパス

バイパス法

1. Inflow 動脈再建

IC や足壊疽の inflow 再建にはメリヤス編み人工血管による大動脈-大腿動脈バイパスを標準として、危険因子や病変の程度により腸骨-大腿動脈バイパスや非解剖学的バイパスが行われる。大腿-膝窩動脈バイパスでは、膝上は6~8mm人工血管でよいが、膝下動脈系は自家静脈グラフトが

必須である。その場合、中枢吻合となる大腿動脈系石灰化に対し吻合を可能にし、かつ中枢吻合部を末梢位に移行して自家静脈バイパスをより短くするため人工血管により短いバイパスを作成して中枢吻合を行い易くする方法がしばしば用いられる(図4)。

2. Outflow 再建

DA に対する血行再建はバイパス術が標準で、同側の大伏在静脈を用いて、足関節直上では終末

表 1. 救肢のために膝下動脈バイパスに使用される spliced vein graft における自家静脈の種類と使用頻度(旭川医大第一外科における 10 年間の使用実績; 未発表データ)

静脈分節	使用数	連結数	グラフト数
小伏在静脈	28	2分節	61
外側副伏在静脈	13	3分節	20
後弓静脈	3	4分節	8
対側大伏在静脈分節	16	≥5分節	4
尺側皮静脈	7		
橈側皮静脈	6		
浅大腿静脈	15	合計	93
その他*	5		

*外側膝窩, 下腿深部, 下腹壁静脈など

前脛骨動脈, 終末腓骨動脈, 足関節以下では足背動脈, 外側距骨動脈, または終末後脛骨動脈(総足底動脈), 内側, 外側足底動脈などへのバイパスが行われる(図5).

膝下膝窩動脈~足部動脈へのバイパスでは自家静脈グラフト, とりわけ同側大伏在静脈が第一選択の自家静脈として使用される. 移植法には reverse 法と in-situ 法があり, 両者の移植成績には短期, 長期で差がみられない. 同側大伏在静脈が使用できない場合には同側の小伏在静脈, 外側副伏在静脈, 対側大伏在静脈, 上肢静脈, 同側 and/or 両側浅大腿静脈などが利用でき(表1), これらを連結して spliced vein graft を作成し移植する(図6)²⁾.

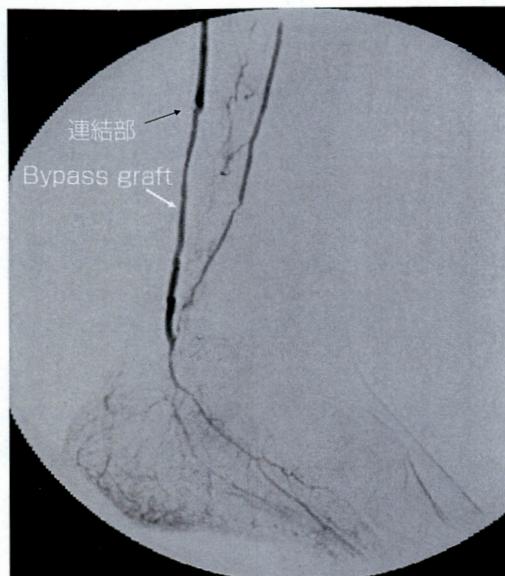


図 6. Spliced vein graft による総足底動脈バイパス
静脈グラフトの 25% 以上は静脈不良で spliced vein graft となる.

これにより初回手術例である限り全例で自家静脈グラフトによるバイパスが可能である. 静脈グラフトの採取優先順位は維持透析の場合には透析用シャントの存在や静脈採取に伴う皮膚壊死の発生など特異な条件が加わるため非透析例とは異なる. バイパスグラフト血流量は短期・長期の開存と密接に関係する. 足部動脈へのバイパスでは維



図 7.
Distal venous arterialization 法の適応例
67 歳, 女性. ASO
a: 術前足部壊疽
b: 術中動脈造影でバイパス可能な主幹動脈が描出されず DVA の適応と判断される.

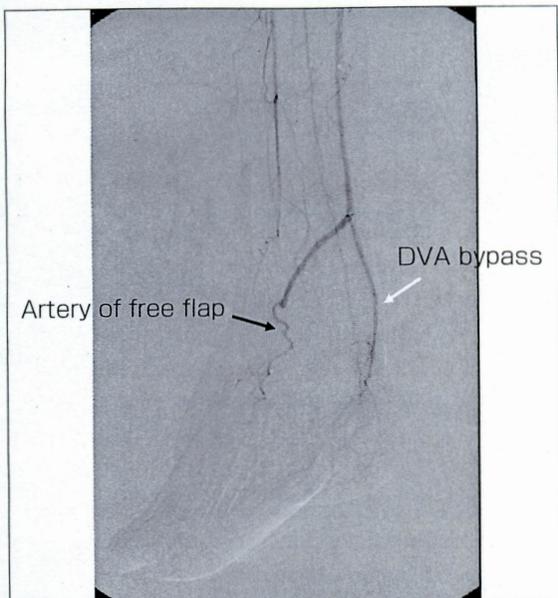


図 8. DVA と free flap の併用による救肢：62 歳，男性，DM・ASO
足部は free flap と DVA による血行により栄養される。

持透析でなければ 30 ml/min 以上の血流が得られるが，維持透析の CLI では 10~30 ml/min の血流量が一般的である。そのため 20 ml/min 以下の血流量の場合は，少しでも血流を増加させ，また有効末梢血管床を拡げるため PGE₁ の持続動注を数日間継続する方法がとられる。

3. Distal venous arterialization (DVA)

救肢のためにバイパスする足部末梢動脈が病変進行や血栓などにより得られない例があり(図7)，これらは大切断が必須であった。DVA はこのような例に対し動脈から足部静脈にバイパスし静脈弁を壊して逆行性に血行路を形成し，虚血を改善させる方法で³⁾，救肢の最後の外科的血行再建術である。本法は長期開存性が不良なためこれに遊離筋皮弁移植を併用してさらに血行を改善させる方法がある(図8)⁴⁾。

4. バイパス後壊疽切除創の管理

バイパス術が完了したら，閉創後に壊疽のデブリードメントを施行する。足関節位へのバイパス例ではグラフトの再内皮化が3週間ではほぼ完了する。この時期まではグラフト血流量を少しでも多く保持して開存性を高めるべきであり，そのため生存趾，組織は趾骨を含めて可能が限り温存して



図 9. 糖尿病足壊疽に対するバイパス術後の創管理
足部動脈バイパスではグラフト血流量が少ないため，静脈グラフトの内皮化が完了する3か月まではグラフト血流に寄与する生組織を全て温存する。3，4中足骨は足形成時に最終的に摘除するかどうかを判断する。

おく(図9)。無論，この時点でのデブリードメントは生組織に切り込んではいならないし，定型切断などは決して行ってはならない。

バイパスが成功裏に終了したからといって救肢が達成されたわけではなく，CLI 救肢治療全体では1/3程度しか担っていないと言っても過言ではない。術後は急速に足部~下腿浮腫を発生し，そのため湿性壊疽例では蜂窩織炎や骨髓炎を合併しやすくなり，これらに対する全身的・局所的管理が必須である。

壊死組織の頻繁・丹念なデブリードメントと排膿，抗菌外用薬，vacuum assisted closure 法などにより感染の鎮圧につとめる。

5. 組織欠損(壊疽)に対する形成術

広範潰瘍，組織欠損による骨露出例では肩甲皮弁，腹直筋，広背筋皮弁を用いた遊離筋皮弁移植による足形成手術が最終段階の外科治療となる。ASO，DA では粥状硬化病変があり，さらにDM，透析では動脈石灰化が高度なため皮弁の動脈はバイパスグラフトに直接吻合するのが最善である。その場合，バイパス末梢吻合部と組織欠損の位置からさらにバイパスを追加する場合もあるが，動脈がない場合が多いためDVAを併用することも少なくない。

おわりに

自家静脈バイパス術は、極めて容易な例から高度な技術を要するものまで難易度の差が大きい手術であるが、成功すれば劇的な虚血の改善と長期耐久性が保証される。その成功とは確実な inflow の確保、適切な outflow 動脈と吻合部位の選定、合理的な代用血管の使用、適切な血管吻合などの集大成であるが、それは洗練された手術手技によりもたらされるものである。

参考文献

- 1) Roddy, S. P., Darling, R. C. III., Ozsvath, K. J., et al. : Composite sequential arterial reconstruction of limb salvage. *J Vasc Surg.* **36** : 325-329, 2002.
- 2) Kreienberg, P. B., Darling, R. C. III., Chang, B. B., et al. : Early results of a prospective randomized trial of spliced vein versus polytetrafluoroethylene graft with a distal vein cuff for limb-threatening ischemia. *J Vasc Surg.* **35** : 299-306, 2002.
- 3) Taylor, R. S., Belli, A. M., Yacob, S. : Distal venous arterialisation for salvage of critically ischemic inoperable limbs. *Lancet.* **354** : 1962-1965, 1999.
- 4) Sasajima, T., Azuma, Y., Uchida, H., et al. : Combined distal venous arterialization and free flap for patients with extensive tissue loss. *Ann Vasc Surg.* **24** : 373-381, 2010.