

重症下肢虚血における創傷治療：形成外科の立場から

形成外科

堀内 勝己

はじめに

末梢血管病変に伴う重症下肢虚血は、下肢切断となる可能性が高く、切断後のQOLの低下は生命予後にもつながる。循環器内科医によるカテーテルを用いた血管内治療の進歩に伴い下肢切断を回避できる症例が増えてきてはいるものの、血管内治療が困難な重症例も多々ある。重症下肢虚血における形成外科の担う役割は、創傷の評価を行いどのような治療が必要か判断し他科との連携を円滑に行うことと、血行再建後の創傷を治癒に向け管理することである。また、治癒後の再発を予防することももう一つの大きな役割である。

足潰瘍の発症機序

創傷管理を行うにあたり、足潰瘍の発症機序を理解しておく必要がある。足潰瘍の発症には、糖尿病の合併症である末梢神経障害と末梢血管障害が関与する（図1）。末梢神経障害では、知覚低下のために傷が出来ても気付かないことが多く、そのまま放置して潰瘍となってしまう。また、末梢血管障害による重症下肢虚血では、わずかな刺激でも傷ができ易く、一旦傷ができてしまうと治癒せずに潰瘍となってしまうことが多い。このような状態に感染が加わると一気に壊疽が進行し、足部切断あるいは下腿、大腿部での大切断に至ってしまう。足病変の直接的要因としては、靴擦れ、湯たんぽやカイロによる低温熱傷、擦り傷、切り傷などの外傷、陥入爪、白癬、皮膚の乾燥、亀裂などがあげられる。

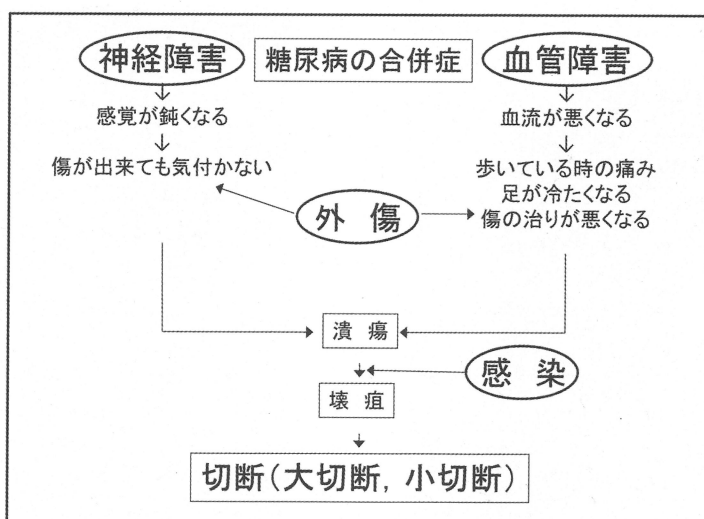


図1 糖尿病性足潰瘍の発症機序

創傷の評価

下肢血流の状態によって、潰瘍の程度も様々である。虚血による足壊疽の場合は先端部から壊死してくるのに対し、糖尿病神経障害に伴う壊疽の場合は深部の腱組織にそって感染が拡大するため足背、足底の中央部まで一気に炎症が広がることが多い（図2）。また、痛みも特徴的であり、重症下肢虚血の場合は虚血による激しい痛みを伴うのに対し、糖尿病性壊疽の場合は神経障害のためほとんど痛みを感じない。中には虚血と感染が混在する場合もあるので注意を要する。血流評価の診断としては、足背、後脛骨動脈の触知、ドップラー血流計による動脈音の聴取、上肢と下肢の血圧比をみるABI検査、皮膚表層の灌流圧をみる skin perfusion pressure (SPP) 等がある。

創傷管理ならびに治療

重症下肢虚血による足潰瘍の場合は、まず初めに下肢の血流を改善させる必要がある。血行再建は、カテーテルによる血管内治療か人工血管や自家静脈移植を用いたバイパス手術となるが、当院では循環器内科医による血管内治療を第一選択と

している。血管内治療が困難な症例に対しては、心臓血管外科医によるバイパス手術となり、膝下から足部にかけてのバイパス手術は形成外科が担っている（図3）。一般的に創治癒の目安としてSPPの値が30mmHg以上と言われているが¹⁾、実際には30mmHg以上でも治癒しない場合や逆に30mmHg以下でも治癒する場合もあり、絶対的な指標ではない。血流の改善が得られれば、外科手術で積極的に壊死組織を取り除き肉芽形成を促進させる。骨髓炎を伴った症例や感染が関節に及んでいる場合は切断が必要となる。以下、具体的な治療法について述べる。

Wound bed preparationと植皮

Wound bed preparationとは、慢性創傷すなわち治りにくいキズの状態から創治癒が促進するように創部の状態を改善していくための創傷管理である²⁾。壊死組織を外科的デブリードマンで取り除き、創部に感染を伴っている場合には抗生物質を投与する。壊死組織を除去した後に生じた皮膚欠損創に対しては、肉芽形成作用を持つ外用剤を使用することが多いが、V.A.C.システム[®]を用いた陰圧閉鎖療法も有効な手段である³⁾。V.A.C.



a.



b.

図2 a. 血流障害による壊疽
b. 神経障害による壊疽

システム®を用いることにより、より早期に良好な肉芽形成を得ることができる(図4)。ただし、血流の良くない状態では効果を期待できない。また、骨や腱が露出した創には、人工真皮の貼付が有効である(図5)。人工真皮とは、ウシの真皮由来コラーゲンから作られたもので、これを創面

に貼付することよりコラーゲン内に細胞が侵入し血管新生が起こり真皮様組織に変化していく。しかしこれらの方法のみで治癒することは少なく、最終的には図4、5に示したような植皮等の処置を必要とする。



術前



術後

a. 大伏在静脈を膝窩動脈から足背動脈にかけて移植した。印は移植血管を示す。



術前



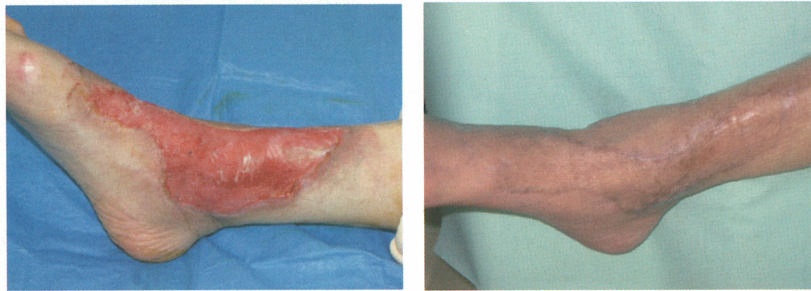
術後

b. 3カ月間治癒しなかった潰瘍が、血流の改善で治癒した。

図3



a. 右足をぶつけて潰瘍となり、感染を伴い拡大した b. 手術で壊死組織を切除 c. V.A.C.システム® による局所陰圧閉鎖療法



d. 良好な肉芽形成が得られ、植皮術を施行 e. 術後1年の状態

図4



a. 右足背に皮下膿瘍を認める b. 皮膚切開後に露出した伸筋腱 c. 人工真皮を貼付 d. 植皮術を施行



e. 術後1年の状態

図5

高気圧酸素治療

高気圧酸素治療は大気圧よりも高い気圧で高濃度の酸素を吸入し病態の改善を図る治療法である。創傷に対しては、①組織局所の血流障害による低酸素状態を改善する、②湿性壊死を乾性壊死に変える、③安静時疼痛を軽減する、④壊死範囲の完成を促すなどの作用を持つ。その機序としては、①組織の低酸素状態の改善をはかり白血球、マクロファージによる殺菌、貪食作用を亢進し菌の発育を抑制する、②線維芽細胞によるコラーゲンの

産生、架橋構造の促進、損傷組織を修復し血管新生を促進することなどがあげられる⁴⁾。高圧酸素療法が大切断のリスクを軽減するという報告もあり⁵⁾、我々も壊死性筋膜炎やガス壊疽など重度の感染を伴った症例、下肢血行再建が困難な症例に対し積極的に本治療法を併用している(図6)。ただし、重症下肢虚血での治療には最低でも20回、あるいはそれ以上の回数を必要とし入院期間も長くなることから、最近では桑園中央病院と連携を組み本治療に取り組んでいる。



治療前



治療後

a. 左大腿動脈の完全閉塞。高気圧酸素療法は42回施行。



治療前



治療後

b. 蒼白だった左足底の色調が改善している。

図6

切断

重症下肢虚血では足部に壊疽、潰瘍を伴っていることが多く、血行再建で血流の改善が得られたとしても、壊死の程度によっては切断が必要となる。切断は、足部での小切断と下腿・大腿部での大切断に分類される（図7）。機能的な足を残すためには、できるだけ足部を長く温存することが重要であり、その為には前述したような植皮術や皮弁を併用する。

足趾切断；基節骨から遠位部の切断で、最も多く行われる手術である。DIP関節、PIP関節、MP関節で離断する場合や、趾節骨レベルでの切断と、症状によって異なる。基節骨が残る場合は、術後にそれほど大きな変形は生じないが、基節骨までの切断となると変形が生じやすい。2-4趾の切断では、残った両側の足趾がそれぞれ内方、外方に偏位してくる。特に、第2趾の場合は、外側への支えを失った母趾が外反し外反母趾変形を来たしやすく、その結果MP関節の内側に潰瘍を形成

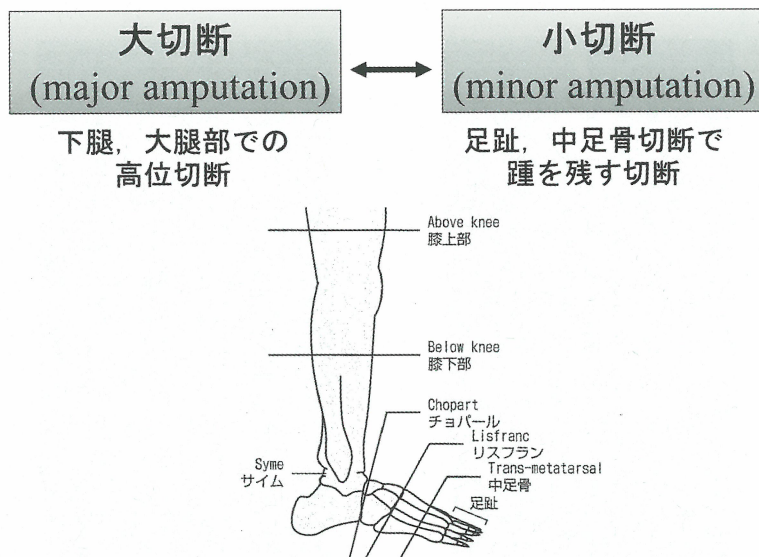


図7 切断の種類



a.

b.

図8 a. 第2趾をMP関節で切断後、外反母趾変形を来たした。
b. 第1趾MP関節内側部に靴ずれによる潰瘍が生じた。

しやすくなる（図8）。切除した趾間部にシリコン性のスペーサーを使用することで、外反母趾変形が予防できる（図9）。

趾列切断；中足骨の部分切除あるいは全切除を伴う切断である。第1趾切断の場合は、術後、外側により大きな荷重がかかるため第5趾MP関節足底側に胼胝を形成しやすい。また、足底の屈筋や内転筋群に過剰な負荷が加わることにより他の足趾がclaw toe変形をきたす（図10）。第5趾切断の場合は第1趾に比べclaw toe変形はそれほどおこさないが、第1趾MP関節足底側に胼胝を形成しやすい。また、第5趾の場合は腓骨筋が中足骨近位部に付着しており、全切除は内反変形を来たすので注意が必要である。中間趾の趾列切断では、足趾切断同様、残った内側ならびに外側の

足趾が欠損部に偏位してくる。いずれの場合も術後のフットウェアは必須である。

Transmetatarsal amputation；中足骨レベルで横断的に切断する方法である。術後の歩行を考えると、切断部位はできるだけ遠位側で行うのが理想だが、創傷治癒を考え切断するレベルを決める必要がある。骨切断部位より足底側の皮膚を長く残して断端部を被覆するが、末梢の血流を維持する目的で骨膜を含んだ中足骨間の軟部組織を残すmodified TMAが有用である⁶⁾（図11）。また、切断面を覆う皮膚軟部組織が不足している場合には、断端部に人工真皮を貼付し二期的に皮膚移植を行う方法もある。術後は、前足部の欠損を補う装具を作成し、靴の中で足が前後にずれないように工夫する必要がある（図12）。



a.



b.

図9 a. 第2趾をMP関節で切断。
b. 手術直後よりシリコン製のスペーサーを使用することで外反母趾変形が予防できている。

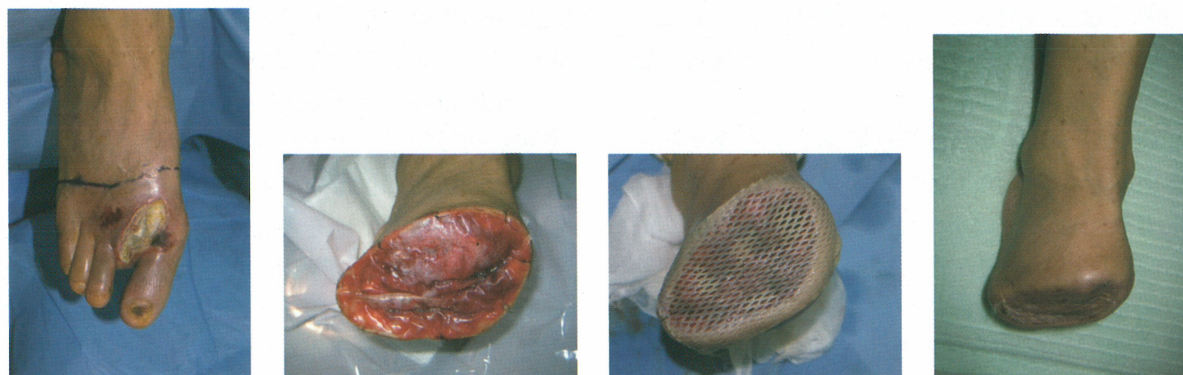


a.



b.

図10 a. 靴ずれが原因で生じた潰瘍。骨の露出があり、第1趾中足骨近位部で切断した。
b. 術後、他の足趾がclaw toe変形をきたしている。



a. 右2、3趾切断後に外反母趾変形を来し、第1趾MP関節部に潰瘍を生じた。
 b. 中足骨部での切断術を施行
 c. 足底側の皮膚で断端部を被覆
 d. 術後6カ月の状態

図11



a. MRSA感染による骨髓炎を伴っており中足骨部で横断的に切断し、断端部には人工真皮を貼付した。
 b. 術後4日目。肉芽形成を認める。
 c. 術後3週目に植皮術を施行
 d. 植皮後1カ月の状態



e. 前足部の欠損を補填する装具を作成する。



f. 創傷被覆材を用いて植皮部の皮膚を保護する。



g. 歩行時に足が前後にずれたり、靴、サンダルが脱げないようにする。

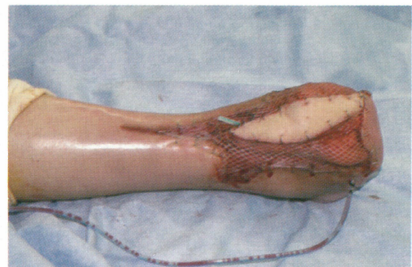
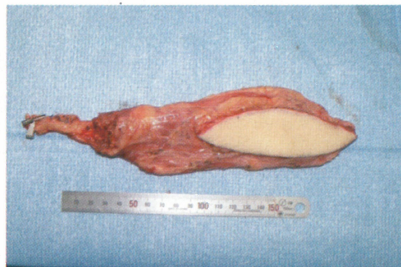
図12 閉塞性動脈硬化症を合併した右足の潰瘍

リスフラン関節離断術 (Lisfranc amputation) ; リスフラン関節 (足根中足骨関節) は、第1～5中足骨と内側、中間、外側楔状骨、立方骨で構成されており、第1、2、3中足骨はそれぞれ内側、中間、外側楔状骨と、第4、5中足骨は立方骨とそれぞれ関節を形成している。関節面での切断であることから、離断術といった方が適切である。リスフラン関節離断術は前足部切断の中で最も近位側での切断であるが、筆者の経験上、このレベルで実際に切断するケースはあまりない。

ショパール関節離断術 (Chopart amputation) ; ショパール関節は舟状骨と距骨、立方骨と踵骨から構成される関節で、横足根関節とも呼ばれる。壊死が中足部まで進行している場合に適応となる。できるだけ足底側の皮膚を用いて欠損部を被覆する。しかし、皮膚・軟部組織が不足している場合には、遊離皮弁を用いる方法もある (図13)。術後は、内反変形を来たしやすいため、短下肢装具を使用して足部の変形を予防する必要がある。



a. 感染はリスフラン関節を通り足底にまで拡大していた。 b. ショパール関節で離断したが、断端部を被覆するための皮膚が不足してる。



c. 左広背筋皮弁採取のためのデザイン d. 栄養血管の胸背動静脈をつけて採取した広背筋皮弁 e. 顕微鏡下に前脛骨動静脈と胸背動静脈を吻合し、皮膚欠損部には分層植皮を追加。



f. 術後1カ月の正面像 g. 同じく側面像 h. 装具をつけて歩行可能である

図13 右足の末梢神経障害による糖尿病性壊疽で血流障害はない

再発予防に向けた取り組み

重症下肢虚血や糖尿病性神経障害による足潰瘍は再発率が高く対側の足にも潰瘍を作り易い。その理由として、血管の再狭窄や再閉塞、また糖尿病性末梢神経障害による知覚低下の為に潰瘍の発症に気付かないこと、糖尿病性網膜症による視力障害の為に自分で足の状態を観察することができないことがあげられる。我々の施設では、切断の既往歴のある症例や潰瘍発症の危険性の高い症例を対象に、2009年にフットケア外来を開設し再発予防に取り組んでいる。外来スタッフは、医師1名と皮膚・排泄ケア認定看護師1名、糖尿病看護認定看護師1名、形成外科外来看護師2名で、週2回の外来を行っている。義肢装具士とも常に連携を取り、免荷装具の作成や修正がすぐに出来るようにしている。また、入院中は病棟看護師が基礎疾患である糖尿病や足潰瘍の出来る原因などについて教育を行い、退院後も継続看護が出来るように病棟-外来間でのカンファランスを定期的に行っている。このように、潰瘍の治療から再発予防までチーム医療で関わる事が大切である。

参考文献

- 1) Castronuovo JJ Jr, Adera HM, Smiell JM, et al.: Skin perfusion pressure measurement is valuable in the diagnosis of critical limb ischemia. *J Vasc Surg* 1997 ; 26 : 629-37.
- 2) Schultz GS, Sibbald RG, Falanga V, et al.: Wound bed preparation: a systematic approach to wound management. *Wound Rep Reg* 2003 ; 11(Suppl 1) : S1-28.
- 3) 波利井清紀, 大浦武彦: 日本におけるV.A.C. ATS治療システムの治験成績. *形成外科* 2010 ; 53 : 655-662.
- 4) Kulonen E, Niinikoski J : Effect of hyperbaric oxygenation on wound healing and experimental granuloma. *Acta Physiol Scand* 1968 ; 73 : 383-384
- 5) Faglia E, Favales F, Aldeghi A, et al.: Adjunctive systemic hyperbaric oxygen therapy in treatment of severe prevalently ischemic diabetic foot ulcer. A randomized study. *Diabetes Care* 1996 ; 19 : 1338-1343.
- 6) Terashi H, Kitano I, Tsuji Y, et al.: A modified transmetatarsal amputation. *J Foot Ankle Surg* 2011 ; 50 : 441-444.