

Diabetic foot の 外 科 的 治 療 *

井 口 傑**

Key Words : diabetes mellitus, diabetic foot, ulcer, gangrene, amputation

はじめに

糖尿病における足の潰瘍は難治性で、感染を起こすと急激に悪化して壊疽となり、切断が必要となる。近年、内科的治療の進歩により患者の生存期間が延び、整形外科で切断術を行う症例が増加している。そこで今回、diabetic footの外科的治療のうち切断を中心とした手術療法について述べる。

糖尿病足の潰瘍と外科的治療

糖尿病における足部の潰瘍は、糖尿病性ニューロパチーによる知覚、運動、自律神経の末梢神経障害と、糖尿病性アンギオパチーからくる閉塞性動脈硬化症による大血管の閉塞性障害、細動脈の血行障害が原因である^{1),2)}(図1)。

知覚神経障害は痛覚鈍麻を起こし、機械的、熱、化学的な外力に対する防御反応を減弱させ

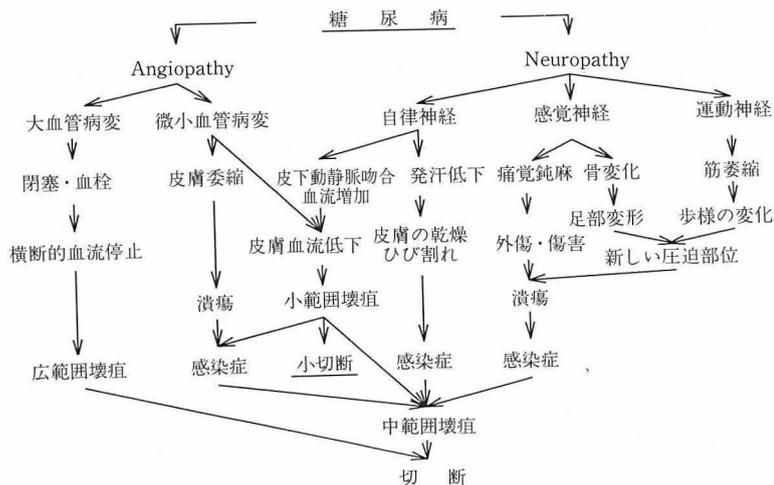


図1. Diabetic foot の切断に至る病理学的機序

*Surgical therapy of diabetic foot

**Suguru INOKUCHI, M. D.: 慶應義塾大学医学部整形外科 [〒160 東京都新宿区信濃町35]; Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Keio University, Tokyo



・図2. 不適切な靴による母趾の先端と小趾中足骨頭部外側の潰瘍形成

るので、外傷を受けやすくなる。その上、傷の発見も遅れるので、外傷が繰り返され、潰瘍が生じる（図2）。

機械的な原因には、靴の中の異物や釘の突出、足にあわない靴、無理な歩行がある。靴擦れ、水疱、赤剥けから皮膚の壊死、場合によっては、サンダルのベルトや下駄の鼻緒により、一度の歩行で、腱や骨に達する深い潰瘍が生じる。痛みを感じないので、魚の目、胼胝を自分で治療しようとして潰瘍をつくる事もある。

熱による傷害には、風呂や足の温浴時の熱湯による熱傷、暖房器具や調理器具による熱傷、ゆたんぼや電気アンカによる低温熱傷などがある。高温の熱傷では、逃避反射の遅れから、皮膚の炭化を伴う3度の熱傷が多い。低温熱傷では、初期には単なる発赤程度に見えても、時間が経つと皮膚が壊死に陥る3度の熱傷となり、深い潰瘍を形成する。

化学的傷害には、強い消毒薬と魚の目治療の皮膚の角質軟化剤による損傷がある。

運動神経の障害は筋力を低下させ、歩行形態を変化させたり、足の縦アーチ、横アーチを破

綻させ足の変形を起こすので、足底に新たな圧迫部位を生じ、潰瘍をつくる。骨間筋の拘縮はハンマー趾を起し、PIP 関節背側や趾先が靴にあたって潰瘍となる。

自律神経の障害は、血行のコントロールの異常から、骨が異常に吸収され、関節の弛緩や破壊（シャルコー関節）を起し、足部の変形から足底に新たな圧迫部位を生じ、潰瘍を形成する。また、自律神経の障害は皮下の動静脈吻合の血流を増やし、皮内と足部の末梢の血流低下を招き、潰瘍の形成を助長する。

糖尿病による閉塞性動脈硬化症は、大動脈から腸骨動脈、大腿動脈などの大動脈に閉塞を生じる。糖尿病自体による血管炎、血栓、血管壁の石灰化は、主に膝窩動脈以遠の下腿、足部の中、小動脈に閉塞を生じる。そのため糖尿病患者における血管閉塞は、多発性、両側性、末梢性で閉塞部位の周辺の血管や副血行路にまで閉塞が広がる。特に、糖尿病性ネフロパチーのため透析を長期に行っている症例では、手足のゆびの小動脈にまでメンケベルグ型動脈硬化症様の著明な石灰化が生じ、単純X線写真であたかも血管造影のX線写真の様な動脈の石灰化を見ることが多い。

潰瘍の外科的治療は、壊死組織の機械的デブリートメント、潰瘍部の切除と縫合、皮膚移植がある。骨格の変化、骨隆起による圧迫が原因の場合には、骨の切除も必要となる。

潰瘍が浅く小さい場合には、蛋白分解酵素剤によるデブリートメントも可能で、ドレッシングや装具による除圧と併用する。トータルコンタクトのギプス固定は有用であり、従来、手術が必須とされた潰瘍にも適応があるが、圧が分散するように巻くには技術が必要である。ギプスの傷害として、皮膚の圧迫壊死による潰瘍があげられているように、却って悪化させる可能性があり嚴重な注意が必要である。

潰瘍の壊死部のデブリートメントは、メス、眼科剪刀、軟部鋭匙、リユール鉗子などによる鋭的切除を基本とする。初期には出血しない程

度にとどめ、腱、靭帯、骨を温存するが、慢性期には、ミイラ化した腱、靭帯、腐骨を除去し、肉芽の形成を促すために、出血するまで潰瘍の周囲、底部を切除する。潰瘍部の壊死組織が除去され、肉芽組織が上がってくれば、周囲からの皮膚の新生による被覆が期待できる。大きい潰瘍では、中間層植皮、メッシュ植皮を行い、治療期間の短縮を計る。

潰瘍の原因が除かれ、潰瘍が比較的小さくて、周囲の血行もよく、感染がなければ、潰瘍自体を切除縫合することも可能である。しかし、切除後に無理をして縫合すると皮膚を緊張させ、新たな圧迫部位をつくり潰瘍を再発させる事もあるので、骨隆起の切除や、有茎植皮の併用も考える。

糖尿病足の感染と外科的治療

糖尿病足では、免疫能、炎症反応、血液循環が低下し感染を起こしやすい。一度、感染が成立すると、腫脹や浮腫により組織内圧が亢進し、皮膚も緊張して局所の血流が阻害され、感染がさらに悪化するという悪循環に陥る。感染が急速に拡大すると、膿瘍や潰瘍を形成し壊疽を起こす。また、高血糖はガス発生細菌による感染を起こしやすく、表面からは皮膚の発赤と浮腫しか認めないのに、皮下組織の壊死とガスを生じる蜂窩織炎が、足部から下腿、中枢に向かって急速に拡大する。創の開放や切断の時期を誤ると、敗血症から細菌毒によるショックやDICを起こし、死亡する例もある。

感染に対する外科的治療の基本は、切開排膿と創の開放である。感染の重篤な影響が全身に及ぶ場合には切断を考慮する。足全体の感染では、足底部の内側、中央、外側コンパートメントを完全に切開し、開放除圧する。感染は、神経血管束や筋肉、腱、腱鞘に沿って中枢に波及する。皮膚よりも皮下組織で拡大しやすく、蜂窩織炎、化膿性腱鞘炎、化膿性関節炎、骨髄炎を起こせば慢性化する。このような例では、血流の途絶した深部の壊死組織を切除しなければ

感染は治癒しない。高血糖、血流の低下による酸素分圧の低下により、嫌気性感染を起こせば、一次的な創の閉鎖は危険があり、開放創による治療が原則となる。

糖尿病の壊疽と切除術

糖尿病足における壊疽には閉塞性動脈硬化症による血行障害のための壊疽と、糖尿病性自律神経障害による皮下動脈吻合部の血行増加によって生じる末梢部と皮膚への血流減少のための壊疽がある。しかし、大多数では多かれ少なかれ両者が混合し、外傷による潰瘍と感染も関与している。近年、糖尿病性ネフロパチーにより腎不全となり長期間人工透析を施行した症例に切断が増加している。これらの症例には、動脈壁の石灰化が特徴的なメルケベルグ型動脈硬化症様の変化が、手足のゆびの細い動脈にまで認められる。メルケベルグ型動脈硬化症は中膜の石灰化で内腔は保たれるとされているが、血管造影や手術時の所見では血流がほとんど認められないことが多く、人工透析が切断の増加に関与している可能性がある。

切断高位を決定する時、糖尿病性壊疽には、多かれ少なかれ血行不全と感染が関与しているので、断端の創が閉鎖し、感染が再発しないように、血行と感染に十分に注意を払う必要がある。血行に関して、足関節でドプラー法により収縮期血圧を測定し、上肢の45%以上で、かつ40~50mmHg以上なければ、足部での切断をあきらめる³⁾。同様に、膝窩動脈で上記の条件を満足しなければ、下腿切断でなく大腿部以上の切断を考える。原則として、術前、感染巣が切断部にあってはならない。また、切断後の患者の日常生活の能力を考え、特に義足の可能性、必要性により切断レベル、方法を考える。断端部の皮膚の知覚がないのに義足による荷重歩行を強行すれば、新たな潰瘍を形成し、感染を起こして再切断となる可能性が強い。患側が切断され支持性を失うと、反対側の足底には単純に考えて2倍の荷重がかかることになり、不用意

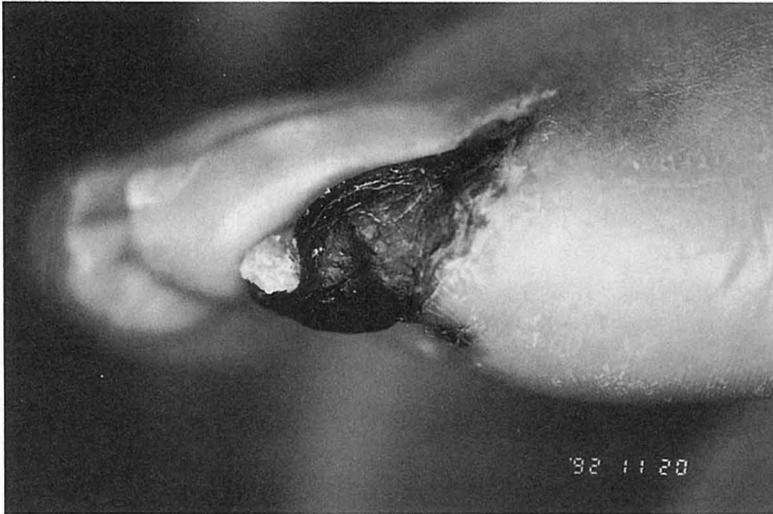


図3. 小趾の壊疽, 小趾切断症例

に歩行すると、対側に新たに潰瘍、壊疽の発生を見るので注意しなければならない。

趾の切断 (図3)

趾の切断はどの高位でも可能であり、可及的に長さ、組織を温存する。特に、母趾は踏み反しに重要なので、温存に務める。母趾末節骨の骨髓炎例では、爪と末節骨だけを摘出して、基節骨を足底側の皮膚で覆えば、歩行にほとんど影響しない。ハンマー趾のPIP関節背側部の潰瘍により、中節骨や基節骨の一部や関節が壊死に陥り消失した症例では、壊死部だけを切除し、残存した趾節骨をオントップの形で骨の固定を行い、皮膚を短縮、縫合すれば、外観もほとんど変わらず、基節部での切断より良い結果が得られる。壊死部が趾間部に達すると皮膚の縫合が困難になり、無理に縫合すると創が開きやすいばかりでなく、隣接趾の血行を阻害する危険性がある。また、母趾以外で、孤立した一本の趾だけを残すと、傷つきやすいので残さない。

中足骨の切断 (図4)

母趾、小趾側の趾列の切断と骨幹部での横切

断がある。2, 3, 4趾列の単独の趾列切断も可能であるが、血行不全や創の縫合不全を起こしやすいので行わない。全趾列の横切断では母趾はやや短めとし、2趾から小趾列に向けて徐々に短くする。可及的に足底部の皮膚で覆うようにすると、血行と術後の荷重性の面で有利である。

足根骨中足骨間関節 (リスフラン関節) および足根骨間関節 (ショパール関節) の切断

リスフラン、ショパール関節の切断は、屈筋、伸筋のバランスが崩れ、尖足位拘縮を起こしやすい。リスフラン関節の切断では前脛骨筋の附着を温存し、ショパール関節の切断では前脛骨筋を距骨頸部に移行する。いずれの場合も尖足位拘縮を起こすので、アキレス腱を延長して屈筋の筋力を弱めねばならない。失敗すると踵のパッドが壊死に陥り、サイムの切断など足関節での切断ができない。義足の装着性はサイムの切断の方が優れ、この部位での切断で足関節の可動性を残す意味は少なく、荷重性、耐久性も変わらないので、尖足位拘縮の危険性を考えるとこの部位での切断は有用でない。



図4. 全趾の壊疽，中足部横断切断症例

サイム (Syme) 切断，ボイド (Boyd) 切断およびピロゴフ (Pirogoff) 切断

いずれも足関節部における切断で，距腿関節を切除し，踵のパッドを温存して，断端の荷重部として利用する。サイム切断では，距骨と踵骨を完全に摘出し，皮弁として踵のパッドのみを残す。サイム切断は距骨，踵骨の切除と同時に，内，外果と脛骨天蓋部も切除する一段階法と，踵のパッドを含む長い皮弁の生着率を上げるために，脛骨，腓骨部の切除を6週後に行う二段階法とがあるが，成功率から見て二段階法が一般的である。ボイドの切断では，距骨は摘出するが，踵骨は前方突起を切除した上で前方に引き出し，軟骨を切除して母床をつくり，内，外果を残したままの脛骨，腓骨に固定する。踵のパッドと踵骨を剝離しないので成功率は高いが，断端が混棒状に肥大し，余裕も少ないので，義足の作成が難しい。ピロゴフの切断はサイムの切断とほとんど同じ手法であるが，後方皮弁の生着率を上げ，踵のパッドの固着性を高めるために，アキレス腱と踵のパッドをつけた踵骨の結節部のみを残して踵骨を切除する。踵骨結

節部は90度前方に回転させて脛骨断端に固定する。一応，骨癒合が必要であるが，一期的に行え，優れた方法である。踵のパッドと足底の皮膚を残すことは，知覚や荷重において重要であり，起立や歩行の能力において下腿より中枢の切断に比べ数段の差があり，足関節の切断は一つの防衛線である。

下 腿 切 断 (図5)

歩行能力において膝関節の有無は重要である。ひとたび足部より下腿に拡がった感染は，筋肉や腱に沿って急速に中枢に向かって拡大するので，解放性の足関節離断やコンパートメントの解放によって感染を止めないと，大腿切断が必要となる。従来は，義足の作成に空間的余裕が必要とされたため，中央部での下腿切断が推奨されたが，現在は，義足の進歩によりできるだけ長く残す。しかし，糖尿病足における切断では，血行不全と感染を伴わない，断端の閉鎖不全が起こりやすいので，筋肉など軟部組織が豊富で血行に有利な中央部での切断が望ましい。また，血行不全がある場合には，閉塞性動脈硬化症による壊疽と同様，通常2：3程度に作成す

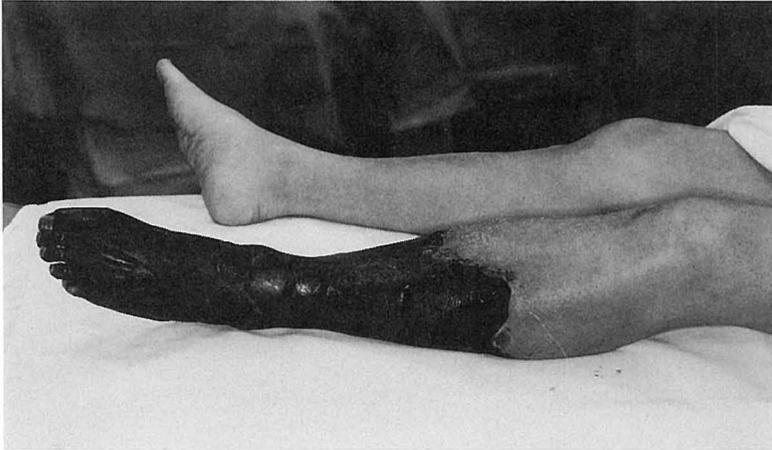


図5. 下腿の壊疽，下腿近位部切断症例



図6. 両側下腿壊疽，両側大腿遠位部切断症例

る前後皮膚弁を1:2ないしは1:3と後方の皮膚弁を長くし，筋肉と一塊に起こす必要がある。すでに感染が下腿に及ぶ例では，断端とコンパートメントを開放したままとし，肉芽の形

成を待って二次的に閉鎖する。

大 腿 切 断 (図6)

糖尿病足の治療として初めから大腿切断となる症例は稀である。しかし，重篤な大血管の閉塞を合併する例や，感染が急速に膝関節を越えて波及する例では大腿切断が必要となる。幸いにもこの様な症例は少なく，一度下腿切断を行った症例で，断端の管理の悪さから中枢に壊疽や感染が拡大し大腿切断となる症例の方が多い。切断レベルは下腿と同様に残せるだけ残すという原則に変わっている。特に，両側大腿切断の様な症例では，座位の保持という基本的な能力も残された断端長によって大きく左右されるので，長く残すように心がけねばならない。

シャルコー足と治療

糖尿病足においては，末梢神経障害のため種々の骨や関節の変化が起こる。痛覚の鈍麻により防御反応が低下して，多くの外傷を繰り返す事が原因の一つになる。これには，打撲，捻挫など軽い外傷から踵骨骨折，リスフラン関節脱臼骨折など重い外傷までが含まれる。通常ならば疼痛のためそれ以上歩けない状態でも無頓着に歩き続け，骨折を自覚しないことが少なく

ない。従って、足の急激な腫脹や変形を見たならば、訴えがなくてもX線撮影が必要である。自律神経の異常により骨の血流の増加から骨塩が異常に吸収され、変形が増進する。縦横のアーチは破綻し、中足骨頭部、リスフラン関節部、踵などの足底部に骨隆起が生じ、潰瘍が形成される。原則的には、靴、装具、ギプスなど保存的に加療するが、これに抵抗し、かつ血流が良く、重い感染がなければ骨隆起の切除、関節固定術、矯正骨切り術などを行う。しかし、骨隆起の切除など対症的な手術は別として、変形を矯正したり、変形の進行を止めようとするれば、全体として骨格の柔軟性が失われるので、糖尿病性神経障害が改善しなければ、新たな潰瘍の発生を見ることが多い。新たな潰瘍の発生を防止する為に、足を保護する靴や装具、患者教育などを併用しなければ再発する。

ま と め

糖尿病足の外科的治療のうち、整形外科で行われる潰瘍、感染、壊疽に対する手術療法について述べた。痛覚の鈍麻、易感染性、血行不全という悪条件下で手術を成功させるためには、組織を愛護的に扱い、緊張や圧迫を可及的に取り除くという手術手技の基本に従う。また、こ

れらの悪条件を少しでも緩和するために、術前、術中、術後の糖尿病の管理と治療が大切である。その上に、潰瘍、感染、壊疽の再発防止のための靴や装具、義足、自助具などによる保存的治療および予防と早期発見の要である患者の教育が重要である。

文 献

- 1) Levin M E: Pathogenesis and management of diabetic foot lesions. In *The diabetic foot*. 5th ed, ed by Levin M E, O'Neal L W & Bowker J H, Mosby year book St. Louis, 1993, p17
- 2) Richardson E G: Diabetic foot. In *Campbell's operative orthopaedics*, vol. 4, 8th ed, by Greshaw A H, Mosby year book, St Louis, 1992, p2815
- 3) Bowker J H: Role of lower limb amputation in diabetes mellitus. In *The diabetic foot*, 5th ed, by Levin M E, O'Neal L W, Bowker J H, Mosby year book, St Louis, 1993, p433
- 4) Wagner F W: Amputations of the foot and ankle. *Clin Orthopaedics* 122: 62, 1977
- 5) Boyd N B: Amputations of the foot with calcaneotibial arthrodesis. *J Bone Joint Surg* 21: 977, 1939
- 6) Bohne W H O: Amputation around the ankle. In *Atlas of amputation surgery*, Thieme medical publishers, New York, 1987, p49

Surgical therapy of diabetic foot

Suguru Inokuchi, M. D.

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Keio University

The causes of the diabetic foot are the vascular disease and neuropathy due to diabetes mellitus. These complications produce a wide spectrum of clinical findings, including skeletal deformity, callus formation, skin lesions and diabetic foot ulcers. Disorders in muscles and bones lead to foot deformities. Because the diabetic foot loses a pain sensation, insignificant trauma can quickly lead the diabetic foot to ulceration, infection, gangrene and amputation, finally.

There are three compartments in the foot and four in the leg. Each compartment should be open in order to drainage the pus and decompress the pressure. If not, the increase of the tissue pressure decreases the blood flow, and the infection spreads into the proximal part.

Vascular obstructions associated with diabetes mellitus involve both large and small vessels. If ankle/arm index of systolic blood pressure is less than 0.45, the healing of wounds may not occur. The absolute systolic pressure must be over 40 mmHg at the ankle and 50 mmHg at the knee.

The tarometatarsal (Lisfranc joint) amputation and midtarsal (Chopart joint) amputation should be avoided because the unbalance of the power between flexor and extensor muscles produces the severe deformity of pes equines.

The Syme amputation provides an end-bearing stump at the ankle. This amputation can remove the entire foot and can cover by plantar skin. The two stage procedure is recommended for the infected dysvascular foot because the posterior skin flap is long. The Pirogoff amputation is the bony fixation between the distal tibial end and tuber calcanei with the heel fat pad. This method is simple and useful compared with the two stage Syme amputation. If the severe infection of diabetic foot has systematic influence like as toxic shock by sepsis or DIC, the emergency open ankle disarticulation should be performed.

The long posterior skin flap with muscle or sagittal flap is necessary for ischemic leg amputation. Because knee joint is essential for walking, the amputation above the knee should be avoided. Loss of pain sensation at the stump causes the reamputation because of new ulcer formation by the pressure of prosthesis. The amputation of the lower limb produces excessive bearing on the opposite side limb, and new ulcers may occur.

The basic disorders of the diabetic foot are neuropathy and dysvascularity. The surgical procedure can improve the results of these disorders, but not themselves. The medical therapy of diabetes mellitus itself, medication of antibiotics for infection, conservative treatment for the ulcer by shoes and braces, and the education of the patients to prevent new ulcer formation should be performed before and after surgery.