

# AMCoR

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

日本臨床 (2008.11) 66巻増刊9 新時代の糖尿病学(4):369~375.

【新時代の糖尿病学 病因・診断・治療研究の進歩】  
糖尿病に起因する合併症 慢性合併症 大血管症 末梢血管障害 壊疽  
の病因・診断・治療

笹嶋唯博、内田恒

## 新時代の糖尿病学（4）

壊疽の病因・診断・治療

diabetic gangrene: pathophysiology,  
diagnosis and management

笹嶋 唯博, 内田 恒

Tadahiro Sasajima, Hisashi Uchida

旭川医大外科 Department of Surgery,  
Asahikawa Medical University

key words: diabetic gangrene（足壊  
疽）, diabetic foot（糖尿病足）,  
peripheral arterial disease (PAD),  
閉塞性動脈硬化症 (ASO), distal  
bypass（末梢動脈バイパス）、  
distal venous arterialization

（各5語以内?かどうかわからないの  
で上から順に選択して下さい）

はじめに

糖尿病(DM)患者にみられる閉塞性動脈硬化症(arteriosclerosis obliterans ASO)はdiabetic atherosclerosis (DA)といわれ、その特徴的な動脈閉塞生病変にDM特有の血行障害が重畳して虚血重症度の高い病態であり、足壊疽を発生し易く、切断率が高い。DAによる壊疽足の救肢にはバイパス術が優先されるが、内径<1~1.5 mmの小動脈が対象となることから外科的血行再建術は不可能と判断する外科医が多い一方、専門的なpodiatristが少ない本邦において直ちに整形外科による定型的大切断が安易に行われている現状がある。内科、外科を問わず、足壊疽に対する治療目標は、装具なしの自力歩行を可能とし、健康寿命を延長させることにある。本稿ではDM足壊疽の病態を解説し、外科治療の可否を含めた適切な診断、全身管理、保存的治療と救肢のための外科治療などについて解説する。

## 1. 壊疽を来す血行障害の病態

DM患者は主幹動脈の粥状硬化性動脈閉塞 (ASO)がある場合はもとより、ASOがなくてもDM特有の微小循環障害により壊疽を発生する。それを理解するため、まずDAには、DMを合併しないASO (NDM-ASO)とは異なる3つの特有な血行障害病態があることを解説する。

a. 好発部位と閉塞病変の特徴

ASOは好発部位により骨盤、大腿、下腿型の3型に分けられる。ASOのDM合併率は全ASOの20-30%で、男女差はないが、閉塞型との関係を見ると、骨盤型はDM合併率が僅か5%であるのに対し、下腿型は75%に達する。即ちDAは下腿動脈の粥状硬化性多発分節狭窄・閉塞を特徴とし(図1-A)、中枢側の動脈病変(inflow病変)を有しない例が少なくない。

b. 中膜硬化症

主に下肢末梢筋性動脈の中膜は糖尿病のカルシウム代謝異常により慢性石灰化を来しMönckeberg型石灰化、medial calcification, eggshell calcification などといわれる中膜全

体の微小石畳状石灰化を発生する（図1-B）。

足部動脈から始まり下腿動脈に進展するとされ、単純X線撮影で動脈走行に一致する石灰化像がとらえられる。これは内膜硬化症（粥状硬化）と異なり内腔狭窄を生じないが全体が鋼管となるためコンプライアンスの低下による血流抵抗の増大のみで微小循環障害、いわゆる機能的閉塞病態を発生する。

c. 末梢神経障害に伴う微小循環障害

DMでは微小循環障害により末梢神経障害を来すが、それによる交感神経障害は、血管運動反射を消失させ、皮膚温を調節する生理的皮膚動脈静脈シャント血流の調節機能失調を結果し、シャント血流を無制御に増大させる。その結果、静脈灌流時間の短縮、静脈血酸素飽和度や皮膚温の上昇をみる。反面、シャントの開放により毛細血管床の血流が盗血され、皮膚組織は虚血に陥る（図1 c）。

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、NDM-ASOでは問題

にならない程度の狭窄病変でも高度の虚血病態を発生する。

## 2. 壊疽の診断

DMでは動脈閉塞がなくとも、微小循環障害があれば、足趾壊疽を来す。従って足壊疽のDM患者が来院した時、まず動脈閉塞(ASO)があるか否か、あるならば保存的治療とするか、バイパスかなどを診断する。

### 1). 理学的診断

総大腿動脈、膝窩動脈および足背、後脛骨動脈の動脈拍動を触診し、拍動の強弱や左右差の有無を診る。足背動脈と後脛骨動脈はいずれかが触知されればASOは否定される。末梢拍動が触知されずASOが疑われる例は以下の検査を行う。

### 2). Ankle Brachial pressure Index (ABI)

ABI (正常 $1.25 > \text{ABI} > 0.95$ ) 0.7 以下で間欠性跛行が出現し、0.4 以下は重症虚血肢に属し、0.2以下で安静時疼痛が発生する。DAでは、石灰化に加えて末梢型閉塞、微小循環障害などが重畳することからABIが必ずしも虚血重症度の指

標とならずABI>0.6でも壊疽を発生する。

### 3). 趾動脈血圧・皮膚灌流圧の測定

石灰化でABI が測定出来ない潰瘍・壊疽例ではtoe index (趾動脈／上腕動脈血圧比；正常or無症状>0.7 ) や皮膚灌流圧skin perfusion pressure (SPP, 正常>60mmHg) を測定する。いずれも30-40mmHg未満は潰瘍の保存的治療が無効で<sup>1)</sup>、バイパスの適応である。

### 4). DA壊疽足の画像検査

足部動脈石灰化の程度と範囲を把握するため約30°斜位(または側面)で単純X線撮影する(図1-B)。足趾壊疽例ではしばしば骨髓炎を合併するので、治癒が遷延する場合は確定診断のため足部のMRIが必須である。

### 5). 動脈造影(MRA またはIADSA)

動脈拍動触知不能例では、MRAまたは経動脈性血管造影(IADSA)、3D-CTなどにより下腿動脈の多発分節性狭窄・閉塞病変の有無を診断する。末梢動脈では、手術適応例の場合、バイパス吻合部位の決定に鮮明な下腿一足部動脈造影(MRA

and/or DSA ; 約30°斜位) が必須である。

#### 6). 副病変の診断

粥状硬化症は全身病で、ASOでは冠動脈病変を50%に合併するのでまずジピリダモール負荷心筋シンチグラフィーを行い、虚血例には冠動脈造影を実施する。また25%に頭蓋内・外頸動脈病変を合併するのでMRAにより評価する。

### 3. 壊疽の治療

#### a. 治療方針

まず前述の方法でASOの有無を診断し、壊疽の種類(ミイラ化した乾性か感染を伴う湿性か)、範囲、起炎菌、蜂窩織炎や骨髄炎の合併などにより治療方針が決められる。壊疽に対する局所治療では、壊疽のみを切除し、可能な限り生組織を温存して自然閉鎖を待ち(非定型切断)、定型的切断は決して施行しない。

#### 1). ASOを合併しない壊疽の治療

##### a). 趾限局性の壊疽

趾1本が乾性壊疽の場合は、壊疽部分を切除し、露出する骨は皮膚縁より5mm切り込んで自然閉

鎖を待つ。これにより趾長が温存される。感染があり数か月治癒傾向がない例は骨髓炎を疑い、足部MRIで確診されたら感染趾骨を摘除する。

#### b). 複数趾～足広範壊疽

壊疽感染の処置が不適切なために悪化させている例がほとんどであるのに（図2）、この段階で下腿切断される例が少ないのは悲劇である。壊疽感染は足底部（足底腱膜や短趾屈筋間に膿瘍を形成）や足背部の腱に伝わって中枢進展するので壊疽趾と共に腱も抜去する。趾感染壊疽から進展した足背、足底の膿瘍は、ドレナージ障害が更なる悪化を招くので、良好なドレナージを得るため中足骨摘除（Ray amputation）を躊躇すべきでない。感染がさらに中枢進展し、下腿蜂窩織炎から膿瘍を形成する。時期を失すると敗血症から大切断となるので、足部～下腿の圧痛、発赤の範囲を把握し、冷湿布し、疑わしきは切開を加え、排膿がみられたらドレナージのため創を大きく解放する。

#### 2). ASOを合併する足壊疽の治療

a). 趾限局性の潰瘍・壊疽

小さな潰瘍・壊疽が保存的に治癒するか否かは、血管造影による足部血行の良否、SPP測定などにより判断されるが、数か月に及ぶ経過例では通常バイパスの適応である。乾性壊疽は虚血が改善に向かっている証拠であるが、いずれにおいてもその処置は壊疽部分を切除し、趾骨を5mm深く切り込んで自然閉鎖を期待する（非定型切断）。**骨髓炎に陥った足趾骨は保存的治療では治癒しないため骨摘除する。**

b). 複数趾～足広範壊疽

乾性壊疽例もあるが、DM壊疽では感染を伴う湿性広範壊疽がほとんどである。この場合、切開排膿もさることながら、ASOによる虚血があつてはいかなる全身・局所感染治療も効果がないので一刻も早くまずは血行再建を行う必要がある。通常は、バイパスが終了し、最後の処置として術中に壊疽切除、切開・排膿、デブリドマンを行う。

b. 外科血行再建（バイパス）

動脈閉塞を伴う糖尿病性壊疽に対する外科治療は3段階に分けられる：1) バイパス術と壊疽切除、2) バイパス術後浮腫に伴って発生する蜂窩織炎や骨髄炎の防止、壊死切除創の洗浄・デブリドマンによる壊疽切除断端の浄化、vacuum assisted closure法<sup>2)</sup> (VAC ; 開放創をスポンジで覆い、吸引チューブを差し込んでドレープで完全に密閉し、125 mmHgの陰圧で3-4日間吸引する) による肉芽形成促進、3) 遊離植皮による広範囲開放創の閉鎖、足根骨露出例に対する遊離筋皮弁による足部断端形成術。

1) 初回手術：バイパスと壊疽切除

DAは下腿動脈に病変があるので、バイパスは大伏在静脈による大腿動脈or 膝窩動脈-足背or 足底動脈バイパスが第一選択の術式である<sup>3)</sup>。動脈造影所見と単純X線撮影上の石灰化所見とを照合して足部動脈の適切な吻合部位を選択する(図3)。同側大伏在静脈が使用できない場合は同側の小伏在静脈、上肢静脈などを連結して使用するspliced vein graftが用いられる。

## 2). Diatal venous arterialization (DVA)

病変進行や血栓症などによりバイパスする足部末梢動脈が得られない例は大切断の適応となる。DVAはこのような例に救肢を達成する方法として開発された。発展の歴史は古いが、1999年、Taylorが術式を確立し高い施行率を報告した<sup>4)</sup>。足部静脈に動脈グラフトをバイパス移植し逆行性に末梢循環を改善させる方法である(図4)。

## 3). バイパス後壊疽切除創の管理

バイパスが完了したら、壊死に陥った足趾は壊死切除し、生死境界組織は温存し、術後の手順に委ねる。バイパス術後、下肢は急速に浮腫を発生し、壊疽例では蜂窩織炎を合併しやすくなる。同時に骨髓炎併発の可能性が高まりこれらに対する全身的・局所的管理が必要である。残存壊死組織の丹念なデブリドマンと排膿、抗菌外用薬(カルデナリン、ゲーベンなど)などにより感染の鎮圧につとめる。VACは排膿・デブリドマンがなされ、ある程度、感染が抑制されたら開始する。骨露出例でもVACを長期継続する

ことにより骨上に肉芽が形成され、遊離植皮による閉鎖も可能である。

#### 4). 組織補填による足部断端形成

足関節位へのバイパス例では生存趾、組織は可能が限り温存し、グラフト血流量を少しでも増加させて開存性を高めるべきで、定型切断は行わない。血行再建後は広範潰瘍には遊離植皮、骨露出例では腹直筋や広背筋を用いた遊離筋皮弁による切断端の形成手術が適応となる<sup>5)</sup>。足部広範壊疽の高齢者に自力歩行機能を保持させるためには踵の温存は重要である。

おわりに

DM壊疽に対する治療はバイパスの要否に関わらず、感染を伴う組織欠損に対する創傷治癒の基本原則を励行することにある。救肢されるべき足が選択の余地なく安易に切断される現状を改善するには、壊疽に対する然るべき治療への理解を診療科を超えて共有する以外にはない。

#### 参考文献

1). Orchard TJ, et al.: Assessment of peripheral

vascular disease in diabetes. *Circulation*

88:1993;819-28

2). 東 信良、笹嶋唯博 足関節以下へのバイパス成績. 日血外会誌. 6:1997;334-349

3). 羽賀将衛、稲葉雅史、笹嶋唯博他：糖尿病合併閉塞性動脈硬化症の足病変に対する

vacuum-assisted closure (VAC) : 持続陰圧吸

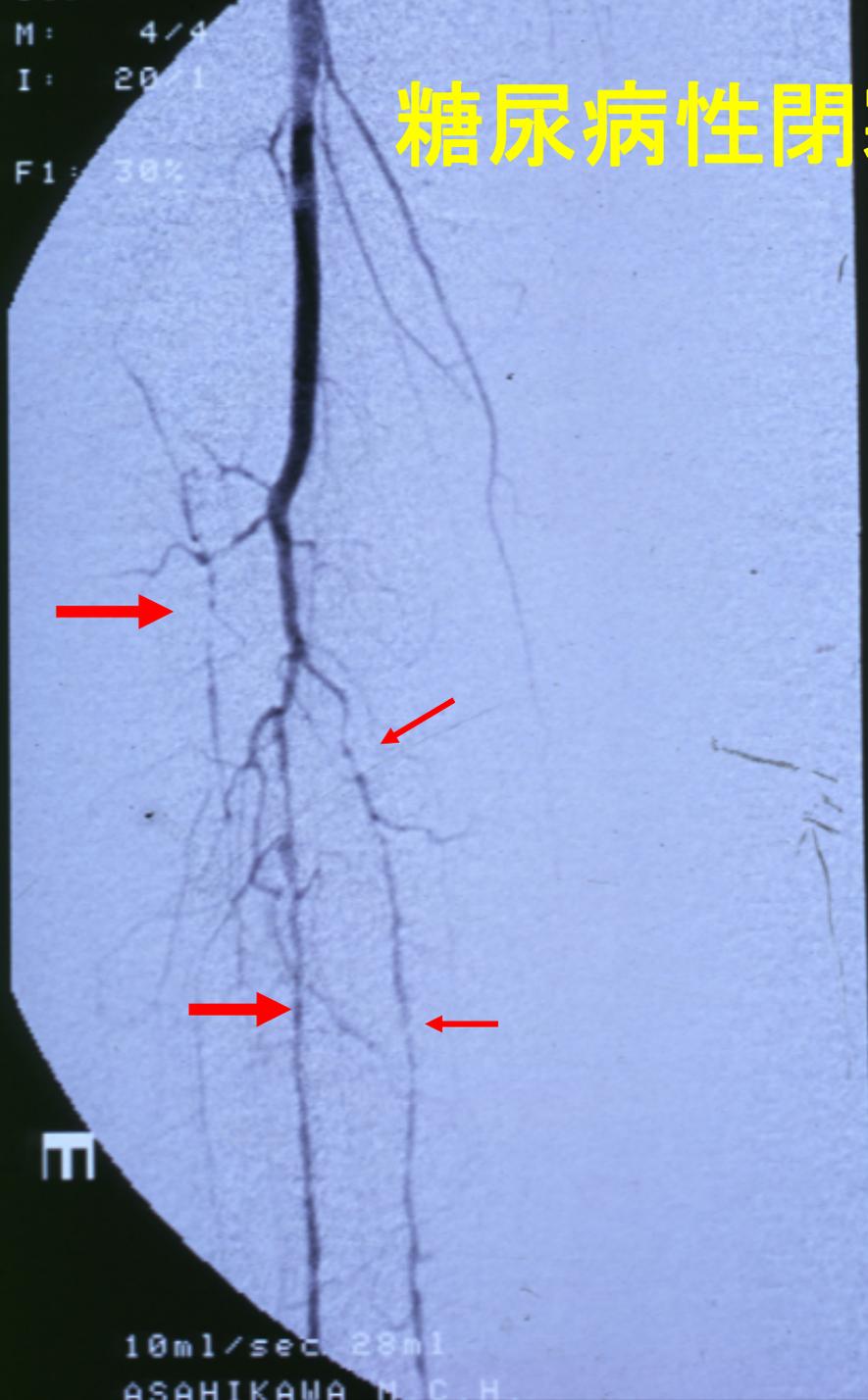
引療法. 日血外会誌2005;14:689-93

4). Taylor RS, Anna-Marta Belli, Sabu Yacob. Distal venous arterialisation for salvage of critically ischemic inoperable limbs. *Lancet* 1999; 354:1962-5

5). 東 信良、稲葉雅史、赤坂伸之他. Bypass と遊離筋皮弁によるfoot salvage. 日血外会誌

14:151-158;2005

# 糖尿病性閉塞性動脈硬化症の特徴



下腿-足部の動脈造影  
(斜位)

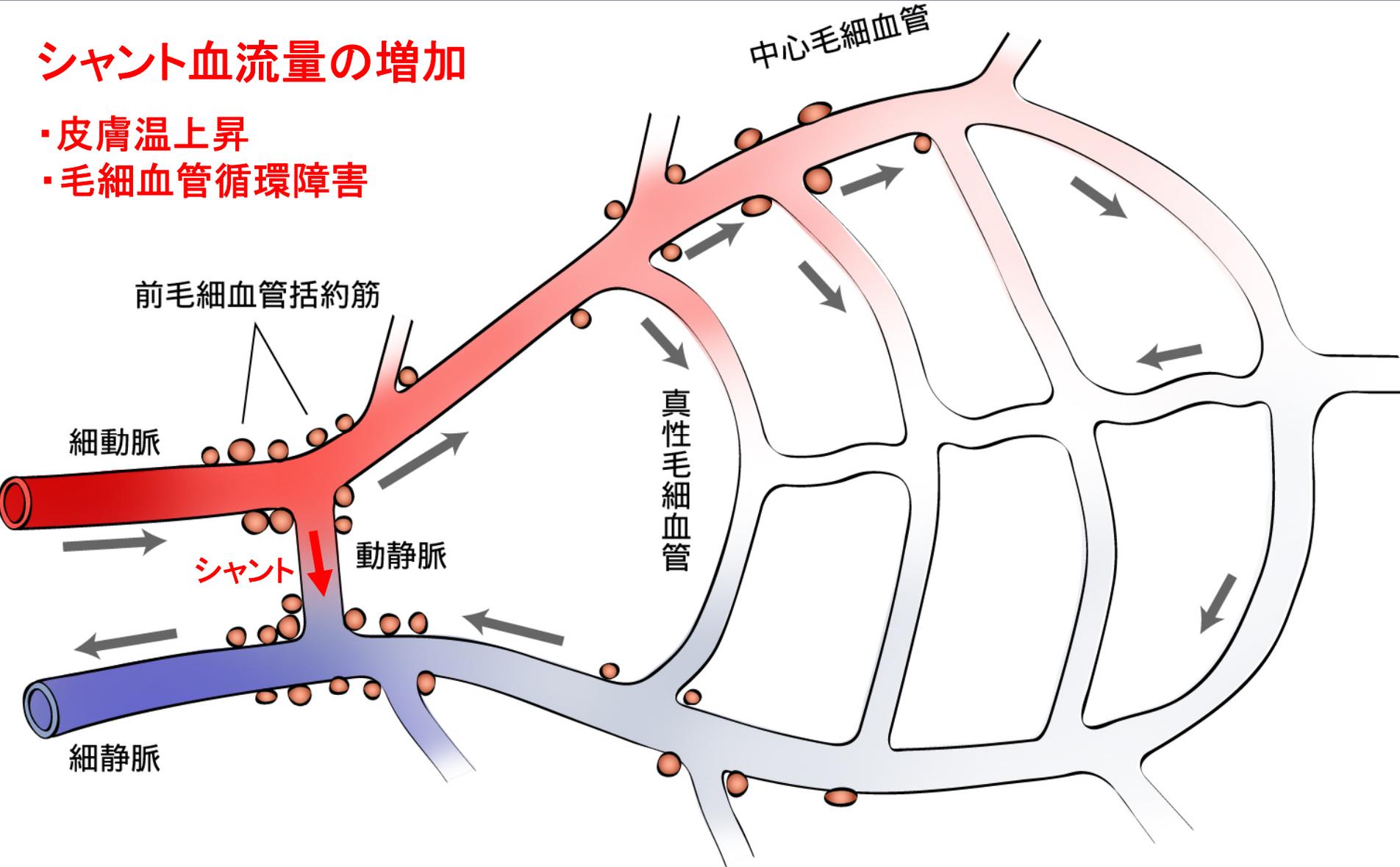
- 中膜硬化症
- Medial calcification
- Mönckeberg calcification
- Eggshell calcification



単純X線写真  
(斜位or側面)

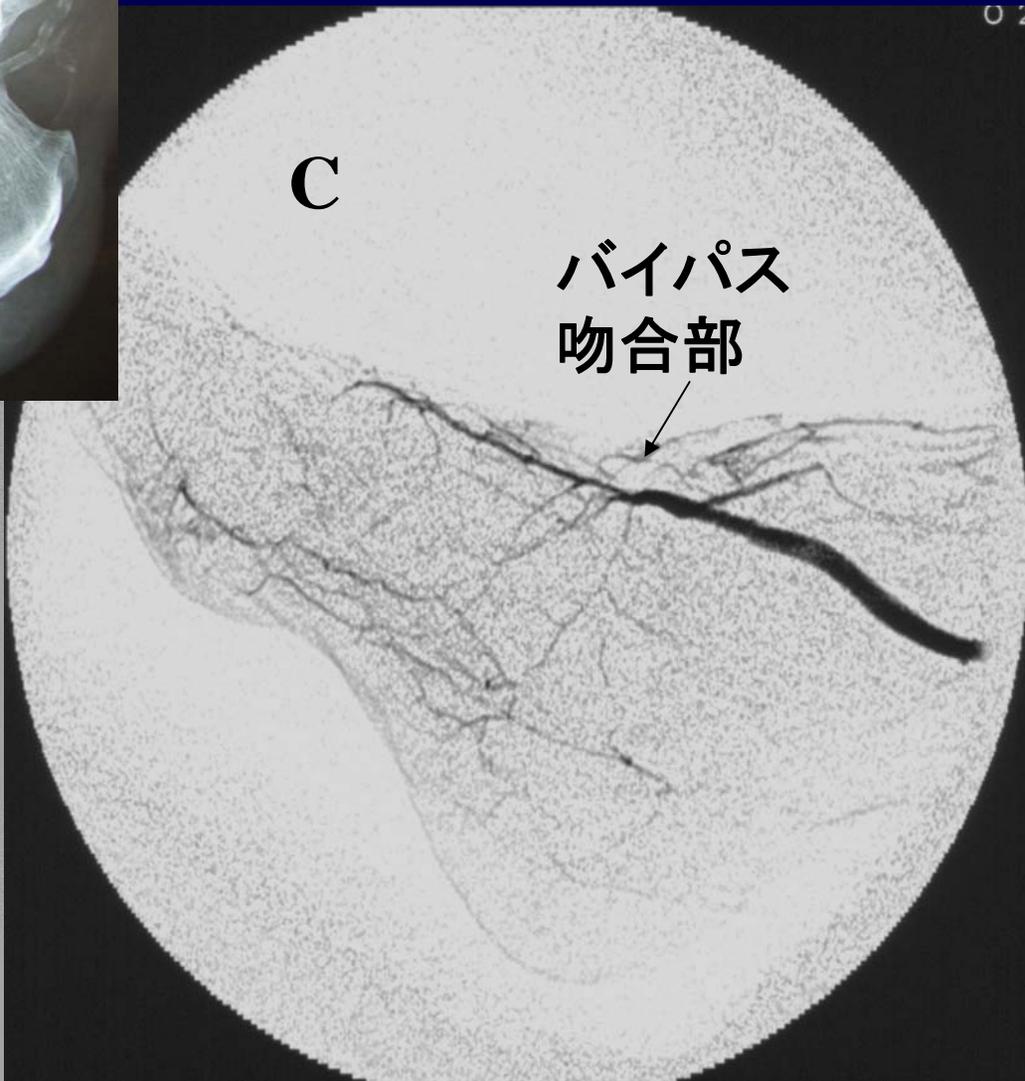
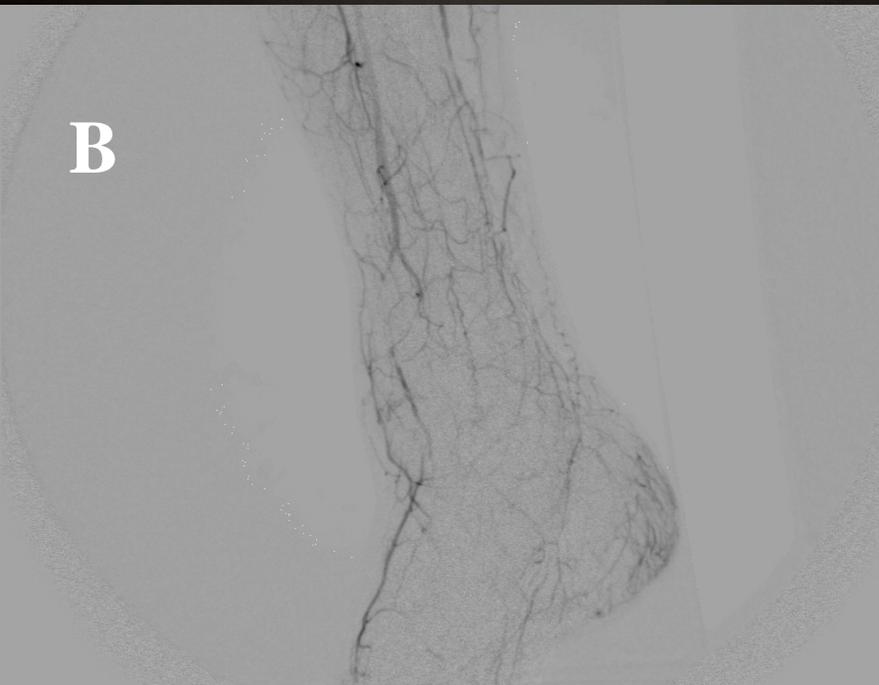
# シャント血流量の増加

- ・皮膚温上昇
- ・毛細血管循環障害





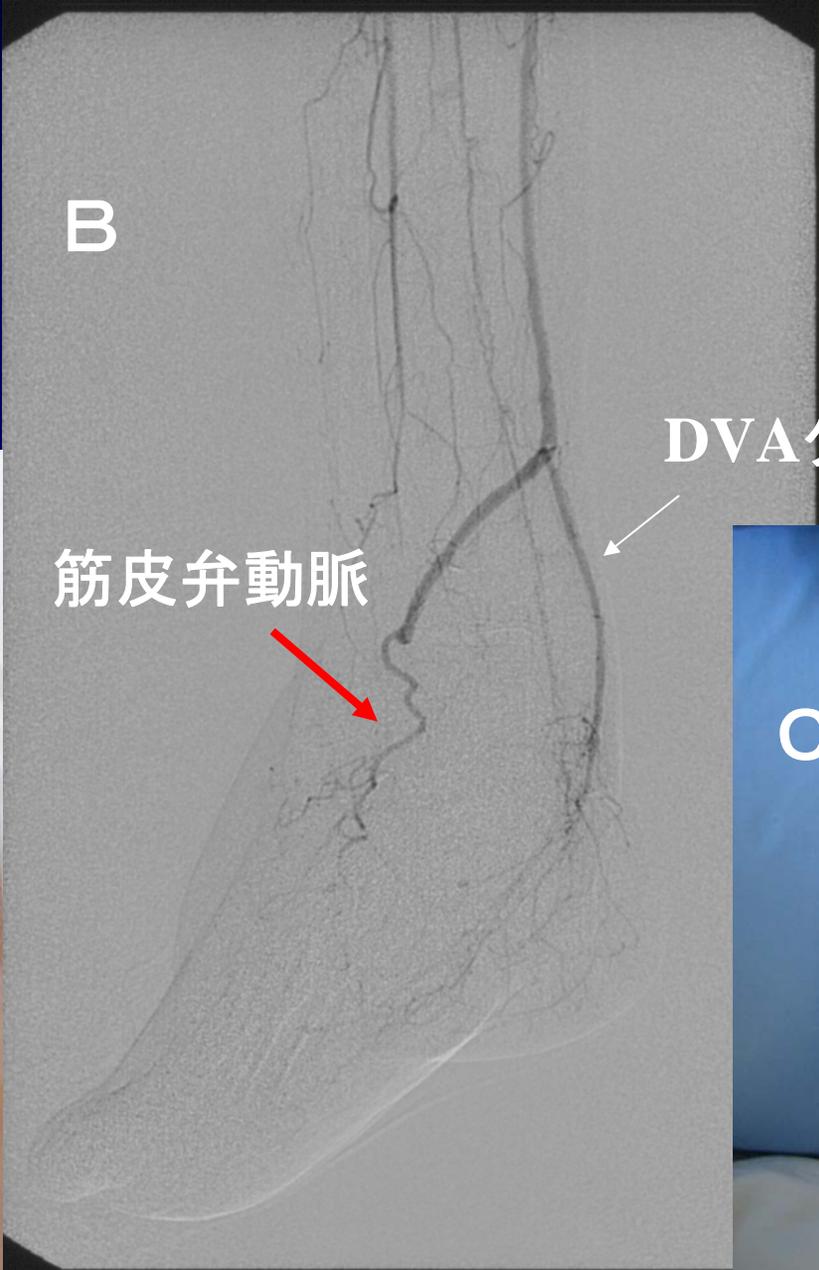




A



B



筋皮弁動脈

DVAグラフト

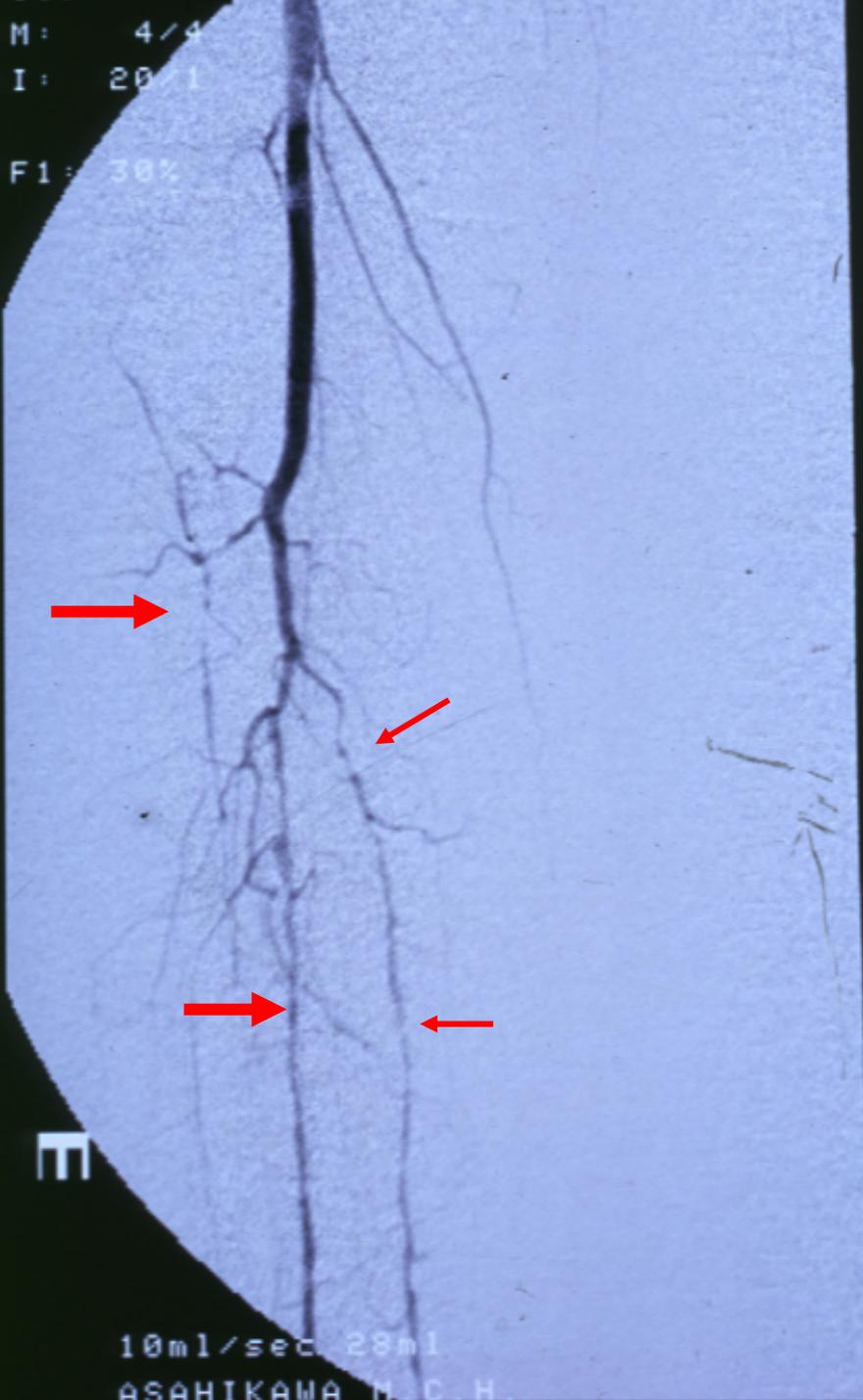
C



M: 4/4

I: 20/1

F1: 30%



E

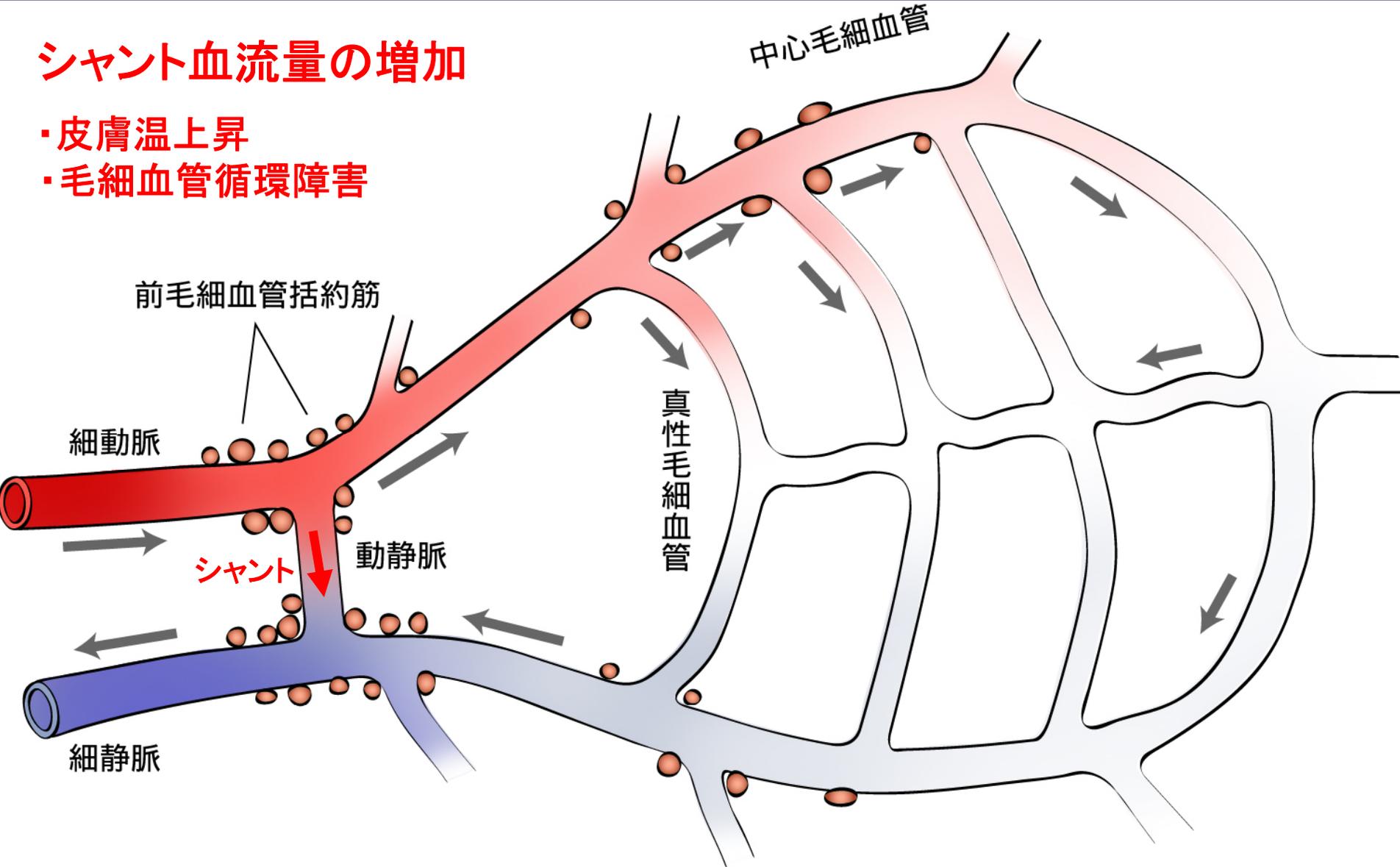
10ml/sec 28ml

ASAHIKAWA H.C.H.



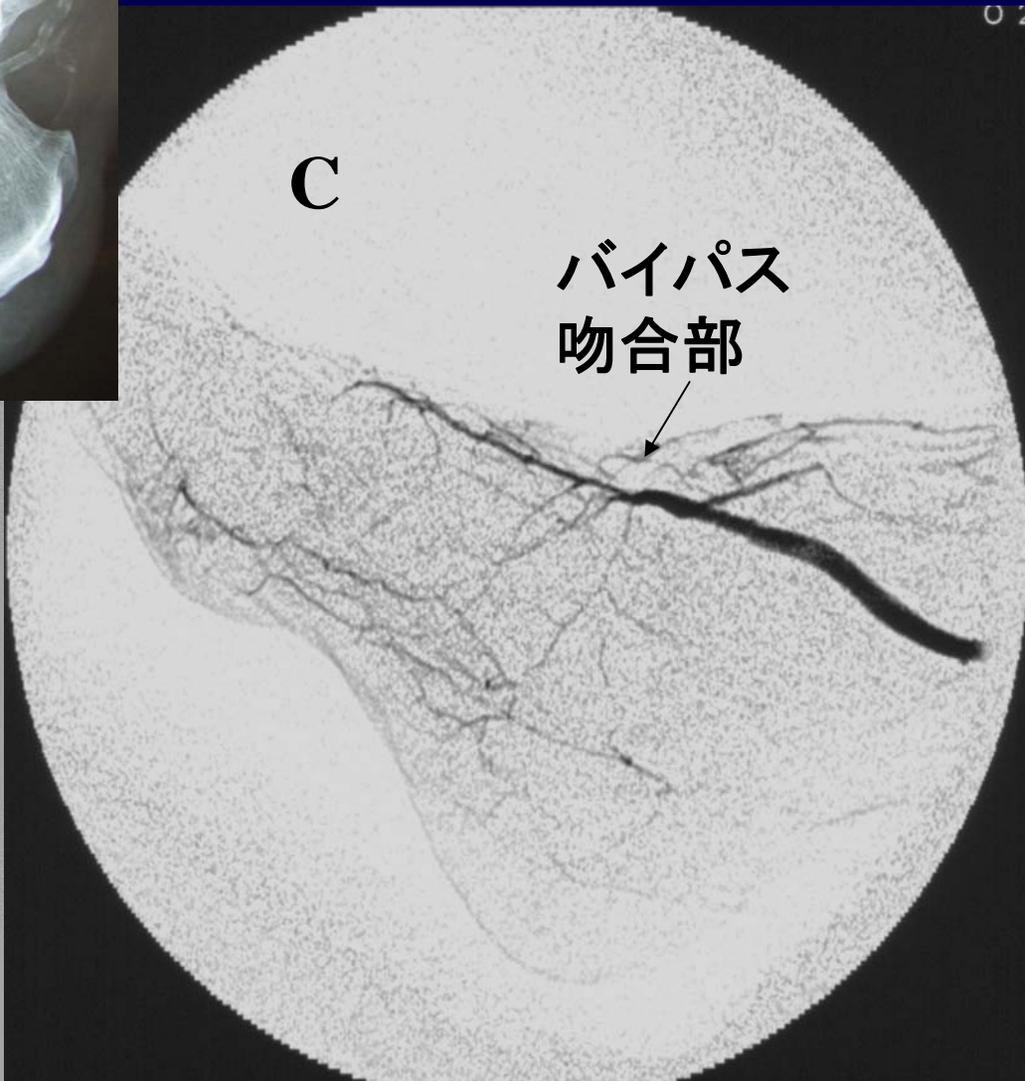
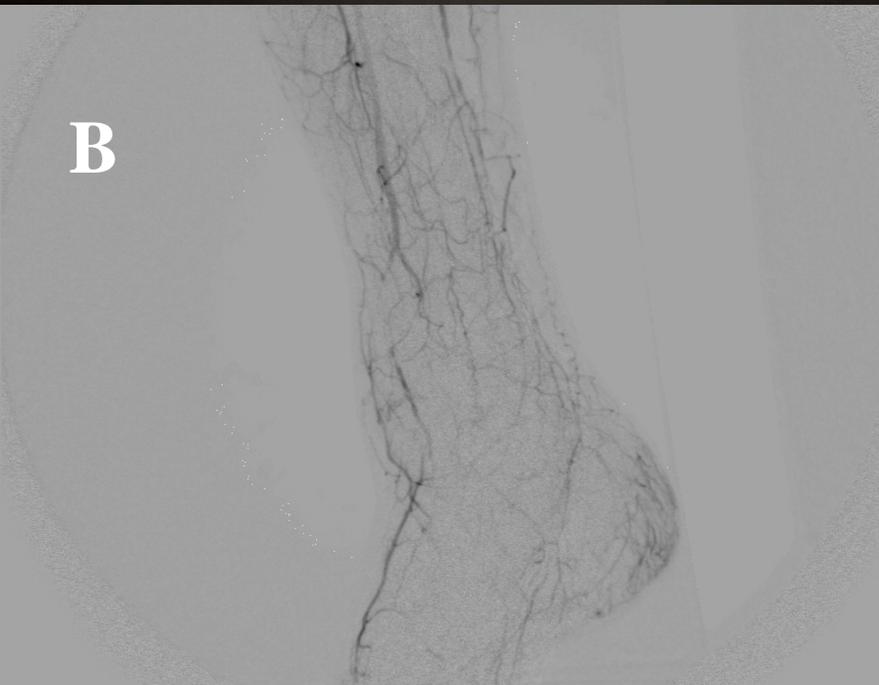
# シャント血流量の増加

- ・皮膚温上昇
- ・毛細血管循環障害





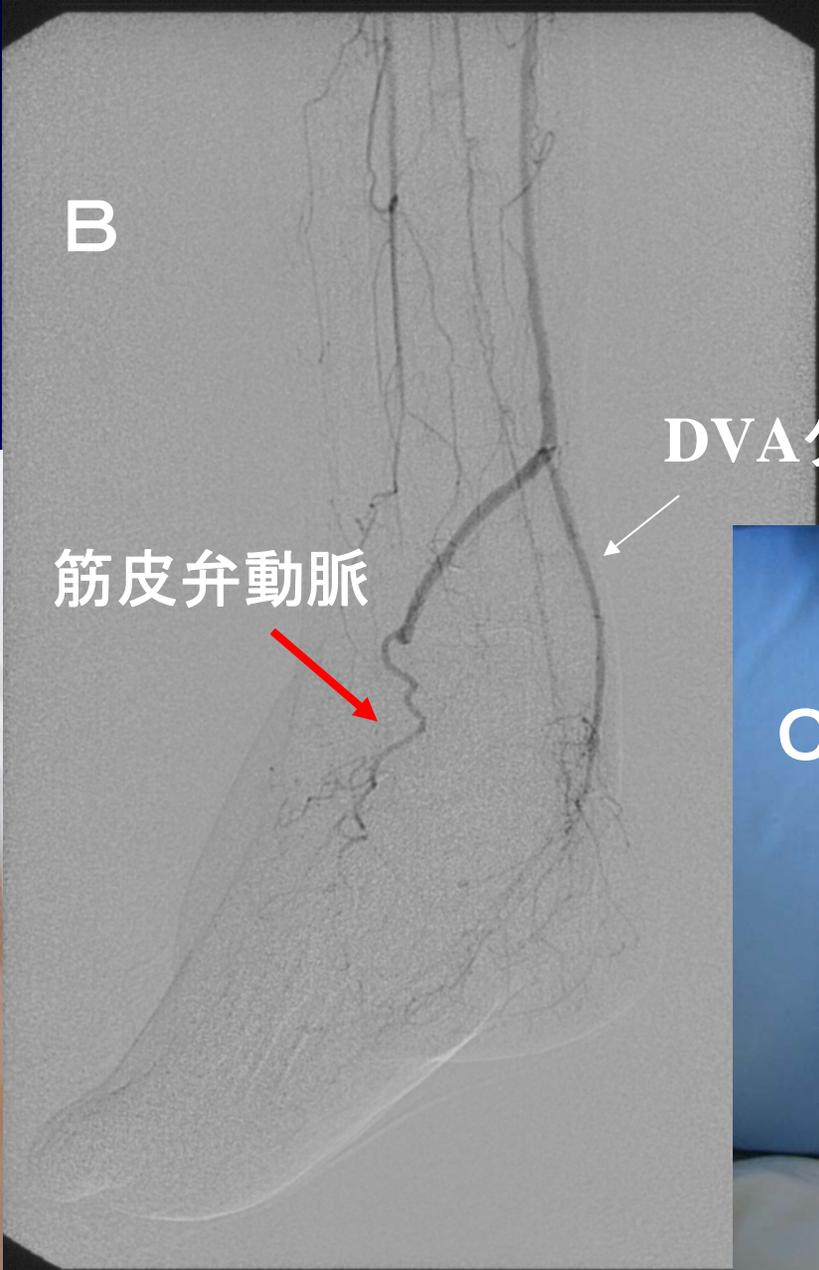




A



B



筋皮弁動脈

DVAグラフト

C

