

# 1

## バイパス手術 の分類

図  
1-1図  
1-2

バイパス手術は、様々なカテゴリーで分類することができる。たとえば、そのバイパス手術が何のために、あるいはどういった疾患に対して行われたかによっても分類することが可能である（虚血性疾患、脳動脈瘤、血管損傷など）。もやもや病においては、直接血管同士を吻合する直接バイパスと並列に、筋肉や硬膜の接着術（synangiosis）などの間接バイパスという方法も存在する。介在する血管を用いる場合には graft bypass というように分類することも可能であるし、バイパスの数により single あるいは double bypass などと分類されることもある。バイパスする対象血管の解剖学的な位置が深部に存在する場合（SCA や PCA など）、その難易度を象徴する概念として、深部バイパスなどと表現されることもある。

なかでも、得られる血流の大きさによる分類はよく用いられる。低流量バイパス (low flow bypass)、中流量バイパス (moderate flow bypass)、高流量バイパス (high flow bypass) などと分類される。理論上は、その流量は donor と recipient の径、バイパスの数、心拍出量、血圧などの影響を受けて個々の症例で異なるため、厳密にはこの分類はやや曖昧である。しかし、浅側頭動脈を中大脳動脈領域の脳表の血管（M4）に吻合するものは、一般的に low flow bypass、橈骨動脈や大伏在静脈移植による内頸動脈再建は一般的に high flow bypass というように分類され、一定のコンセンサスが得られている。浅側頭動脈を中大脳動脈の比較的太い分枝（M2）に2本吻合する場合は、moderate flow bypass といって差支えがないと考えられる。

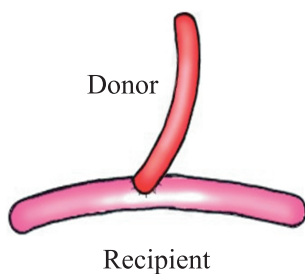
吻合の形態による分類（端側、側側、端端）も一般的である（図1-1）。最もよく行われる方法は、donor側の端（end）とrecipient側の側（side）を縫合する端側吻合術（end-to-side anastomosis）である。ほとんどの頭蓋外-頭蓋内バイパス（extracranial [EC]-intracranial [IC] bypass）では、この方法が用いられ、バイパス手術の中で最も基本的な方法であると言える。

donorの側（side）とrecipientの側（side）を吻合するのが、側側吻合（side-to-side anastomosis）である。これは主として、頭蓋内動脈と頭蓋内動脈同士を吻合する際に用いられる（IC-IC bypass）。すなわち、donor側の動脈の本来の血流を温存して、その一部をバイパスに用いるものである。この方法は、そもそも、もともと2本の頭蓋内血管が近接して走行している場合に用いる方法であり、M2-M2 bypass, A3-A3 bypass, PICA-PICA bypassなどに限られた手法でもある。これらは、いずれも深い術野で実施しなければならないものであるうえに、脳の動脈そのものをdonorとして使う以上、遮断時間も短くしなければいけないし、当然のことながら絶対に失敗が許されないため、難易度は高い技術である。EC-ICバイパスが何らかの理由で難しい場合に応用される方法であ


 1-1

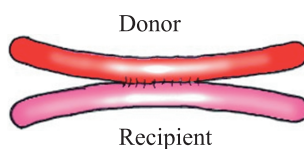
## 血管吻合の種類

端側吻合  
(End-to-side anastomosis)



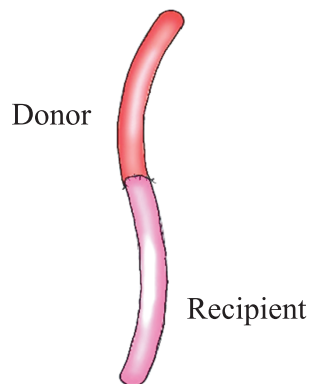
EC-IC bypass 全般

側側吻合  
(Side-to-side anastomosis)



IC-IC bypass  
M2-M2, A3-A3, PICA-PICA など

端端吻合  
(End-to-end anastomosis)

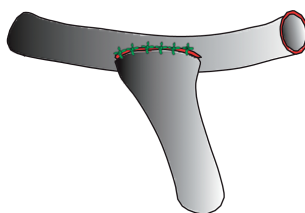


外傷, 血管損傷など


 1-2

## 縫合の種類

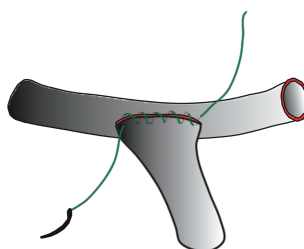
結節縫合  
(Interrupted suture)



小さな血管で、吻合部の拡大を期待する場合

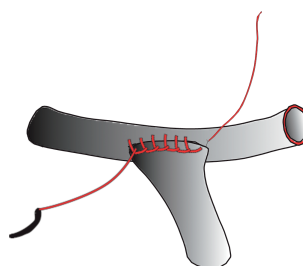
連続縫合  
(Running suture)

ロックしない場合



比較的大きな血管で、早い縫合が要求される場合

ロックする場合



頸動脈内膜剥離術など

るといえる。donor の端 (end) と recipient の端 (end) を吻合する端端縫合も、脳神経外科領域では、実際にはほとんど用いられないことがないが、これは、外傷を含む何らかのトラブルで血管が断裂した時のリカバリや、donor の長さが足りなく、介在する血管を置く場合などで用いられる。

技術的な分類としては、縫い方による分類もある (図 1-2)。主に結節縫合 (interrupted suture) と連続縫合 (running suture) に分けられる。一般的に、連続縫合は、糸結びをしなければならない回数が減るため、理論的にも早い方法であるといえる。しかし縫合途中で糸が切れてしまったり、縫い合わせが悪いと気がついたり、“裏縫い” をしてしまったりした場合、最初からやり直さなくてはならない可能性がある。そのため、必ずしも難易度が低いわけではないことは肝に銘じるべきである。また、連続縫合の場合、縫合糸による縫合線の距離の方向にも締められるので、理論的に結節縫合よりも吻合部の開口面積が縮小することになる。そのため、あくまでも結節縫合が血管吻合の基本であると考えるべきであろう。特にややも病などの細い血管を対象とするバイパスの場合は、必ず結節縫合を用いるべきである。一方で対象とする血管径が太く、使用する糸も比較的太い、頸動脈内膜剥離術や high flow bypass では、連続縫合の対象になりうる。また、例外的に、側側吻合における術者から見て裏側の面は、糸結びを行うことが不可能であるため、血管の内腔側から連続縫合を行わなければならない (後述)。

## 2 バイパスに 必要な基本的 技術

### 1. donor の剥離

図  
1-3

図  
1-4

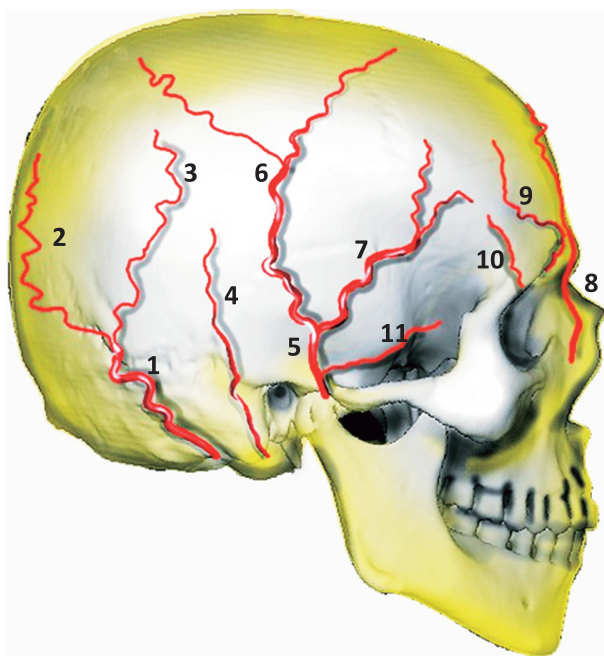
donor となる血管の剥離を安全にしかも迅速に行うには、血管の解剖を熟知していることが必要である。種々の外頸動脈系の頭皮を栄養する血管が、バイパスに用いられる (図 1-3)。donor となる血管の解剖やその具体的な剥離の仕方は各論を参照していただきたい。この項ではどの血管にも共通する剥離の基本について述べる。

上手にテンションをかけてやるのが血管剥離を上手にしかも短時間でやるコツである。実際には、血管を覆う組織を側方かつ上方に充分に引き上げ、血管周囲の疎な結合組織がぴんと張った状態にして、バイポーラーにて凝固カッティングしていくのが基本である (図 1-4)。バイポーラーカッティングは、止血と剥離が同時に可能な手技であるため、donor の剥離作業には最適な手法である。

外科用フックを工夫したり、上方に引き上げるためにフックの下にガーゼを俵の形に巻いた土台を入れ、張力のかかる方向を工夫したり、非利き手を上手に使うことが重要である。張力の充分にかかった状態では高出力のバイポーラーのみで血管は周辺組織から剥離でき、同時に止血作業を行うことになるため、術野を無血に保つことも可能になる (Chapter 3 参照)。

図  
1-3

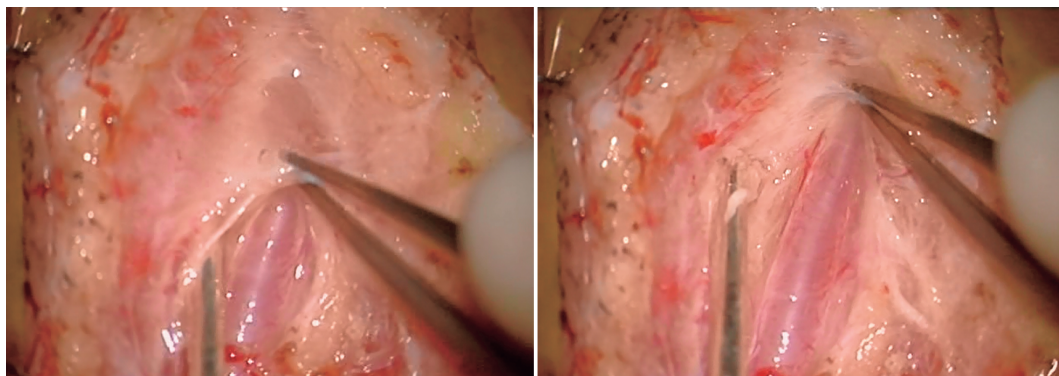
## 頭皮の動脈



1. 後頭動脈, 2. 内側枝, 3. 外側枝, 4. 後耳介動脈, 5. 浅側頭動脈本幹,  
6. 頭頂枝, 7. 前頭枝, 8. 眼角動脈, 9. 滑車上動脈, 10. 眼窩上動脈,  
11. 横顔面動脈

図  
1-4

## donor の剥離 (bipolar cutting)



組織にテンションが適切にかかっている場合は、バイポーラーで凝固することで、組織を止血と同時にカットすることができる。

しかし張力のかかっていない状態では、剥離ができないばかりでなく、逆に血管壁が焦げてしまうこともあり注意が必要である。血液はスパズムを誘発するうえ、視認性を妨げるので、無血野で行うこともきわめて重要である。一般には donor 血管は、血管外膜の直上で剥離するのが大切で、この層が最も疎な構造になっており、最も剥離しやすい。すなわち、血管には余計な結合組織は付着させないように剥離するのが基本である。血管は触れるだけで容易にスパズムを生じるし、顕微鏡の光を当てておくだけでも容易に乾燥してしまうため、剥離し終わった部分は、塩酸パパベリンを浸したガーゼなどで覆っておくことも忘れてはならない。

recipient が決定したら、その距離に合わせて、donor は切断することになる。donor は短ければ短いほど閉塞しづらくなるが、あまりに短いと、吻合時に donor 血管が recipient に被さる形になってしまったり、片面縫合後に donor をひっくり返せないために、もう片面が縫いづらくなってしまうなどの問題を生じることがある。逆に長いほど、捻れたりしないように、その走行に注意を払わなければならない。

一般に、STA-MCA バイパスでは parietal, frontal branch とともに STA は linea temporalis を越えるくらいまで剥離しておけば、通常のシルビウス裂周囲での cortical MCA、あるいは M2 へのバイパスに充分である。このため開頭は皮切の大きさがこれで決まってしまうので、それに準じて行う (Chapter 3)。STA-SCA バイパスでは STA は 6~7 cm、STA-PCA バイパスでは 7~8 cm の STA が必要である。OA-PICA バイパスでは OA が上頂線 (superior nuchal line) を越えるくらいまでで充分な donor の長さになる (Chapter 4)。

## 2. donor の断端形成

図 1-5

図 1-9

血管吻合を開始する前に、断端のトリミングを行う。剥離は、血管外膜の部位で行われるのが理想であるが、一部には、帽状腱膜とこれに付属した結合組織が付着している。これは実際のバイパスでは、糸がこれに絡まったりして煩わしいものとなる。また、吻合面に結合組織を縫い込んでしまった場合、血栓化を誘発する要因になり得る。特に、バイパス操作のためには、断端から 10~20 mm 程度は、外膜のしっかりした面を完全に出しておく必要がある (図 1-5)。また、深部の縫合になればなるほど、donor が術野に立ち上がるようになり、この帽状腱膜付きの結合組織は邪魔の度合いを増すので、より長く除去しておく必要がある。

断端のカットの仕方は、ある程度理論的な点を理解しておく必要がある (図 1-6)。吻合の成否には、いろいろな要因が関与しているが、吻合部の開口面積の広さは、最も重要な因子の一つである。カットの角度が急峻になればなるほど、縦の径が増加する。45°の切り角でその径は、もとの donor の径の約 1.4 倍となる。また、切開線の形状によっても、でき上が