

エマージェンシー

IVR

Emergency Interventional Radiology

パーフェクトガイド

編著

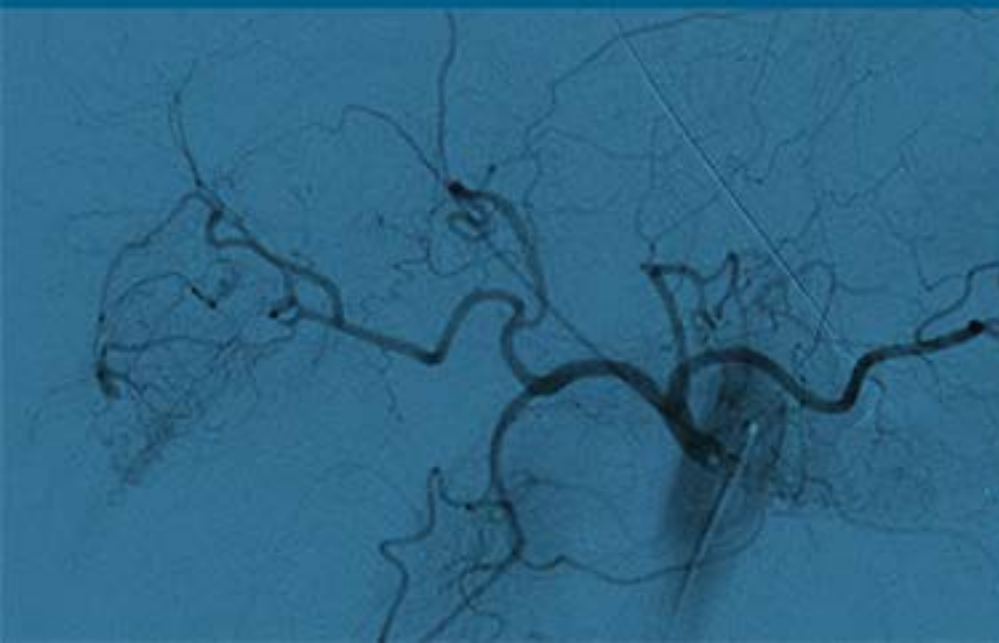
東海大学医学部医学科 総合診療学系 救命救急医学 准教授

土谷飛鳥

三井記念病院 放射線診断科 科長

遠田 譲

日本医事新報社



1 安全な穿刺方法

1 — アプローチ

血管IVR (vascular interventional radiology) のアプローチは、当然のことながら「血管穿刺」である。血管内にシースが安定して留置されていれば、非血管IVRと比較して、かなり安全な手技になる。「血管IVRが上手い」人は、「血管穿刺と止血が上手い」とも言える。細く、急カーブした血管を選択できるのは治療のごく一部にすぎない。地味で普通の作業を、速く、安全に、無駄な出血をさせず、痛がらせずに、1000回やってもミスしないのが「上手いIVR」と言えるだろう。

IVRで主に経皮的アプローチ可能な体表動脈は、総頸動脈、橈骨動脈、上腕動脈、大腿動脈である(図1)。体表静脈では、内頸静脈、鎖骨下静脈、肘静脈、前腕静脈、大腿静脈がある。

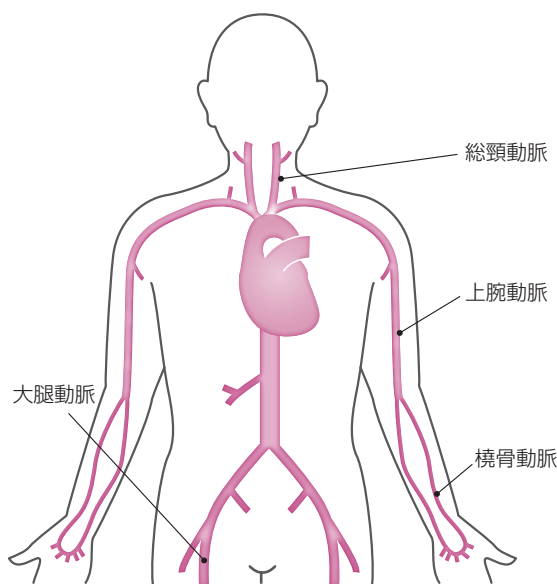


図1 IVRで経皮的アプローチ可能な体表動脈

2 — 穿刺位置

右総大腿動脈逆行性穿刺

① 体表の指標ガイド

最も一般的な穿刺部位は右鼠径部である。鼠径靭帯の2横指(3cm)下方で総大腿動脈前壁に入るように、さらに1cm下方から斜めに皮膚を穿刺する。つまり、鼠径靭帯の4cm下方の皮膚のしわ付近を、上向き(逆行性)に45°針を立てて穿刺するイメージである。

皮下脂肪の厚さによっても、皮膚穿刺部、血管侵入部位が異なる。鼠径部の皮膚のしわの位置は個人差が大きいため、体表では上前腸骨棘と恥骨結節を結んだ線を鼠径靭帯と考える(図2)。ただし、鼠径靭帯は体表からわかりにくく、確実な方法とは言えない。

② X線透視ガイド

X線透視が可能な場合は、大腿骨頭を目標に穿刺する。大腿骨頭中央部よりも上方に下腹壁動脈、深腸骨回旋動脈の分岐が多く、大腿骨頭下縁以下に大腿動脈分岐部(総大腿動脈下縁)が多い¹⁾。

したがって、大腿骨頭下縁から下1/3までの間で総大腿動脈下部前壁に入るように皮膚穿刺位置を決める(図3・4)。

しかし、下腹壁動脈、深腸骨回旋動脈の低位分岐(図3)、大腿動脈の高位分岐(図5)する例があり、上記の通りに大腿骨頭下縁から下1/3までの間で穿刺しても大腿動脈分岐部や浅大腿動脈、深大腿動脈を穿刺してしまうことがある。大腿骨頭中央部以下で総大腿動脈前壁を穿刺していれば、下腹壁動脈、深腸骨回旋動脈が低位分岐でも、これらを損傷することは稀である。

また、推奨される皮膚位置で穿刺しても、針を立てる角度が低いと思わぬ高位穿刺になってしまうため、注意が必要である。

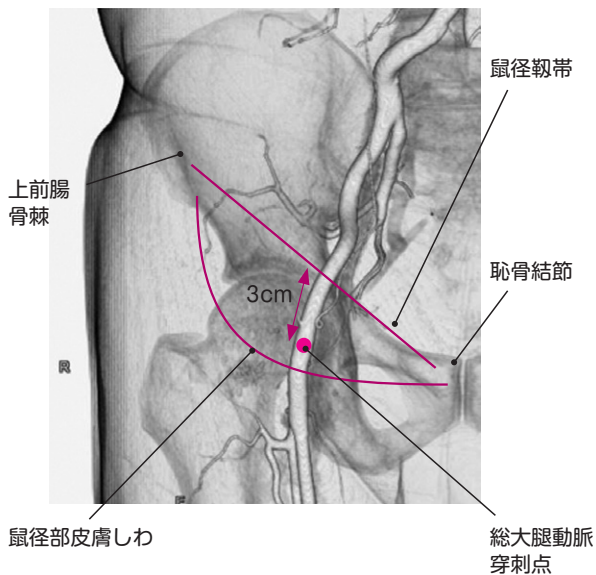


図2 鼠径靭帯と体表の関係

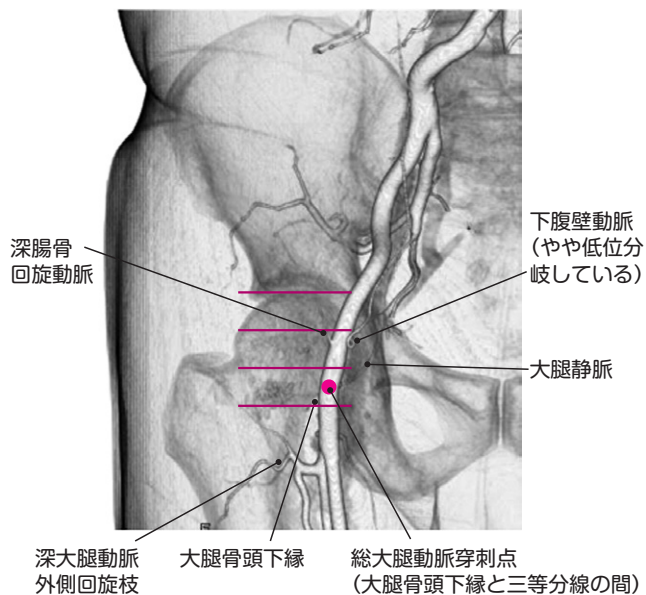


図3 大腿骨頭と穿刺点の関係

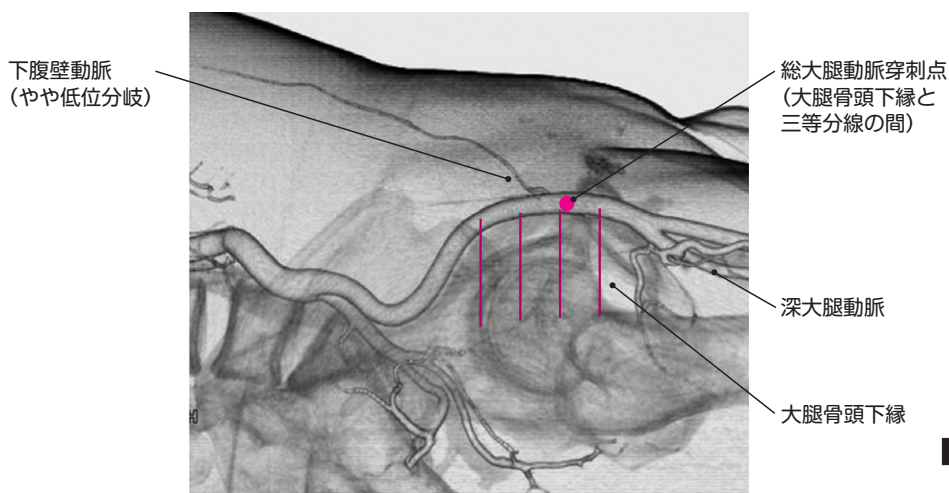


図4 大腿骨頭と穿刺点の関係 (側面)



図5 大腿動脈高位分岐

③ 超音波ガイド

ERなど、X線透視が使えない環境では、なるべく体表エコーを使用する。総大腿動脈分岐部(浅大腿動脈と深大腿動脈に分岐する)を確認し、その1cm上方を目標にする。石灰化や狭窄、内膜肥厚の評価も可能で、リアルタイムに動脈壁穿刺を確認できる。ガイドワイヤが真腔を進むことも確認できる。針先やガイドワイヤを視野にとらえる技術が必要である。

④ 高位穿刺

上内方穿刺では、下腹壁動脈損傷や死冠(corona motis: 下腹壁動脈恥骨枝が内腸骨動脈系の閉鎖動脈に交通しているもの) 損傷のリスクがある(図6)。上外方

7 主要血管の解剖

① 大動脈弓 (頭部血管3分枝)

1 — 大動脈弓の発生

胎生早期には2対の大動脈が存在する。腹側の大動脈は心臓から上行し、第1総弓動脈で反転し背側大動脈となる。頭踵長が3mmの時点で対をなす大動脈の始点および終点が合体し前腸領域のみで分離した状態となる。その後、6対の総弓動脈において腹側と背側大動脈の架橋が起こる。それらの動脈は同時期に存在することはなく、第1総弓動脈は第5、6総弓動脈が出現する前に消失している。第5総弓動脈は数時間のみ出現すると考えられているが、持続するという報告もいくつか存在する。頸動脈は腹側および背側大動脈のcranial partから分化する。背側大動脈はそれぞれの体節に沿って、体節動脈を分岐する。3個のoccipital, 7個のcervical, 12個のthoracic segmental branchなどである(図1)。鎖骨下動脈に分化する第6を除いて、すべての頸動脈は

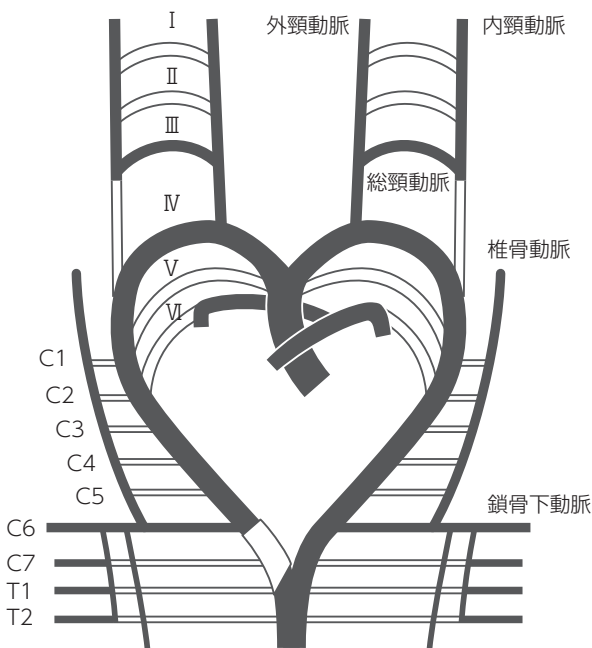


図1 大動脈弓の発達
I~VIのoccipital segmental branch, C1~C7のcervical segmental branch, T1~T2のthoracic segmental branch

表1 ヒトの大動脈弓の分化

- ①左第4総弓動脈が大動脈弓を形成し、右は鎖骨下動脈の起始部を形成する。
- ②背側大動脈の一部は退縮する。その一部とは、左では第3総弓動脈と第4総弓動脈の間であり、右では第6分節動脈と融合した部分と下行大動脈の間である。
- ③第6総弓動脈の腹側は肺動脈の起始部となり、左側背側は動脈管(Botallo's duct)に分化し、左側では消失する。大動脈弓およびその分枝の最終的な位置は、branchの移動および融合をもたらし様々な動脈の成長速度の相違による産物である。それらの変化を及ぼす背景には下降していく心臓による血行力学的な変化に対応している。

消失する。縦方向の吻合は残存し、椎骨動脈を形成する。また、ヒトの大動脈弓の分化を表1にまとめた。

2 — 大動脈弓の分岐パターン

正常分岐パターン

大動脈弓からは、通常、右腕頭動脈、左総頸動脈、左鎖骨下動脈の順でそれぞれ独立分岐し、その頻度は70%程度とされる(図2)。大動脈弓部3分岐の変異は30%前後に認められる。bovine aortic archと呼ばれる変異が最多であり、その他の分岐変異の頻度は低い。

bovine aortic arch

右腕頭動脈から左総頸動脈が分岐する変異をbovine aortic archと言う(図3)。大動脈弓からのメジャーな分岐血管が2本しか存在しない。なお、実際のbovine(ウシ)の通常の大動脈弓分枝は異なっており、実際にウシがこの分岐形態を示すことは稀であり、誤称である(※p.53参照)。

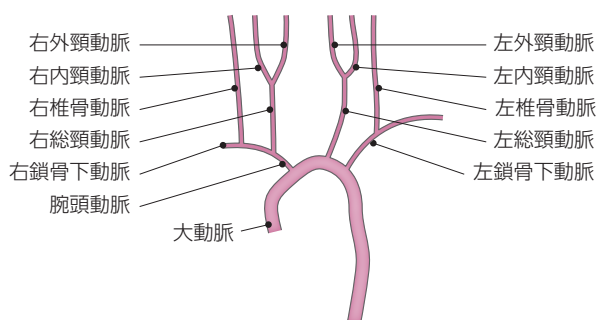


図2 大動脈弓の正常分岐パターン

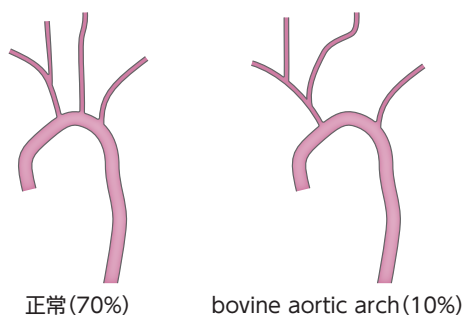


図3 正常分岐と bovine aortic arch

その他の分岐変異

bovine aortic archの次に頻度が高いとされる(5%程度)のが、左椎骨動脈が大動脈弓から直接分岐するパターンである。その他、様々な分岐変異が存在するが、いずれも1%以下と非常に頻度が低い。

①異所性右鎖骨下動脈

異所性右鎖骨下動脈(aberrant right subclavian artery)は、右鎖骨下動脈が大動脈弓の第4分枝として左鎖骨下動脈の遠位から起し、80%の症例で食道の背側を右頭側に斜走し、15%で食道と気管の間を走行、また5%で気管あるいは主気管支の前方を走行する。通

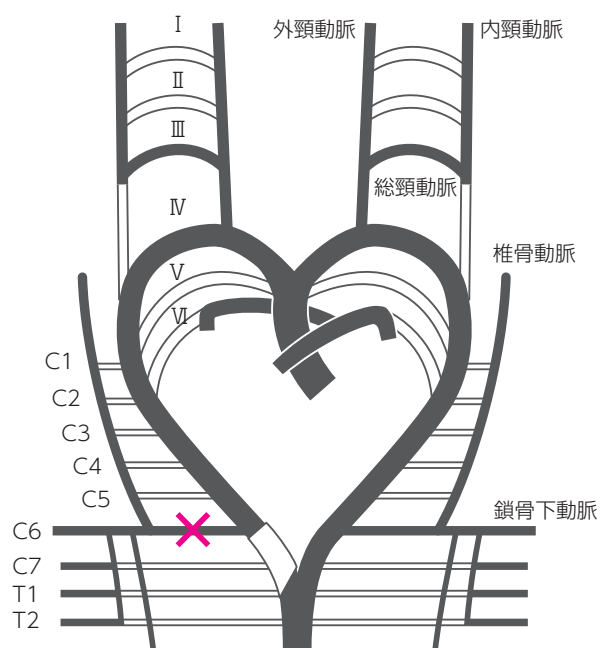


図4 異所性右鎖骨下動脈

常は無症状であるが、10%程度に嚥下障害を呈することがあり、特に40~50代にみられることが多い¹⁾。また、気管を圧排して気道狭窄をきたす場合には外科治療が必要となることもある。

正常であれば右C6が発達し鎖骨下動脈となるが、異所性右鎖骨下動脈ではC6が消退し、代わりにC7が発達した結果、形成されるものと考えられている(図4)。頻度は0.16~2%程度とされている²⁾。頭頸部血管撮影が低侵襲であるという理由から右上腕経路で行われることも多くなり、安全なカテーテル操作を行う上で変異の知識は必須と考えられるが、頻度からはこの変異に遭遇することは非常に少ない。

8 主要血管の確保手技

① 大動脈弓 (頭部血管3分枝)

1 — 穿刺部位の選択

ここでは、弓部3枝およびその末梢へのカテーテル挿入時における穿刺部位の選択を述べる。過去には頸動脈や椎骨動脈の直接穿刺が行われていたが、現在のカテーテルの進歩によりそのような状況は基本的にない。実際の穿刺部位として鼠径部が最も一般的と考えられるが、上肢からのアプローチも術後から患者が歩行できるという点からしばしば行われる。また、上肢からのアプローチの場合、右からが一般的であり、部位は橈骨ないしは上腕動脈の穿刺が挙げられる。近年、循環器内科を主体に施行されているdistal radial approach (DRA) (snuff boxから遠位橈骨動脈にシースを挿入し、カテーテル検査、治療を行う方法)も注目されている。

橈骨動脈にシースを挿入する場合、あらかじめAllenテストを行い(後述)、尺骨動脈からの血流が保たれていることを確認する必要がある。また、bovine aortic archやtype 3の大動脈弓形状では大腿動脈アプローチでのカテーテル挿入が困難な場合もあり、必然的に右上肢からのアプローチが必須となるため、オプションとして持っておく必要がある。

上腕アプローチのデメリットとしては、①太いシース挿入は避けるべきである点、②必ず大きな屈曲を形成して挿入するため、バックアップが弱くなりがちで、カテーテルの選択挿入が難しい場合があるという点が挙げられる。筆者らが頭頸部あるいは鎖骨下領域のIVRを行う場合は、基本的にマイクロカテーテルを使用する塞栓術であるため、大腿アプローチで十分なバックアップを確保し治療に臨んでいるが、アプローチルート決定に際しては、それぞれの症例においてメリット、デメリットを検討した上で決定すべきである。

Allen テスト

手の血管は通常、尺骨動脈と橈骨動脈がPalmar archを形成しそれぞれの指に血管を分岐しており、二重支配である。アーチ形成が不完全であったり、尺骨動脈が閉塞していたりする場合、橈骨動脈のトラブルで容易に手先の虚血が起こるため、あらかじめそれを簡便に予測する方法がAllenテストである。患者の橈骨動脈および尺骨動脈を両手で圧排し、血流を遮断後患者に手を複数回グーパーしてもらい手が蒼白になった後、尺骨動脈の圧迫のみを解除し、手の血色が通常に戻ったら陽性であり、橈骨動脈が閉塞しても血流が保たれているサインとなる。

2 — 大動脈弓分枝へのカテーテル挿入

ここでは、大腿動脈アプローチについて概説する。大動脈弓は右前方から左後方にアーチを描いており、大腿からのアプローチであれば右前方にカーブする。高齢者では動脈硬化による壁在血栓との接触により血栓が剥がれ、飛散して脳梗塞などの塞栓症を起こすリスクがあるため、カテーテル先端で壁を削らないようになるべく曲がりのあるカテーテルを使用し、できる限りガイドワイヤを先行させ丁寧に進める。その際、ガイドワイヤの先端は左室まで進まないように注意する。また、カテーテル内に存在する空気が脳血管に飛散し空気塞栓症をきたすリスクを避けるため、カテーテル先端が下行大動脈レベルにある状態でダブルフラッシュを行い、その後はヘパリン加生食による持続灌流をYコネクターおよび三方活栓を使用して行いながらカテーテル操作をする。長時間のカテーテル留置に伴う血栓形成を予防する意味でも、持続灌流が望ましいと考えられる。また、筆者らの施設では、血管撮影のみであっても脳梗塞のリスクのある血管へのカテーテル挿入の場合、ヘパリン2000単位を静注し、血栓性合併症の予防を心がけている。

ワイヤ/カテーテル操作時の注意点

頭頸部、頭蓋内血管は非常にクリティカルな血管と言える。いずれの血管確保時も共通して言えることは、カテーテル、ワイヤ操作は非常に慎重に行う必要があり、微細血管や分岐血管へのワイヤ迷入や先端が先当たりしている状態でのストレス、ウェッジ状態での造影、ワイヤ操作、頭蓋内あるいは可動性の乏しい頭蓋底血管への不必要なカニューレションなどは避ける必要がある。

しかし、腹部と異なり呼吸移動がほとんどない領域でもあるため、オーバーレイやロードマップなどのナビゲーションシステムを使用しやすいというメリットもあり、これらを使用して目的血管を視認しながらワイヤやカテーテルの先端形状を利用し、他の血管には決して迷入させずに挿入する必要がある。

持続灌流

手技中の診断カテーテル、ガイディングカテーテル、マイクロカテーテルは、常にヘパリン加生食による持続灌流を行う。生食500mLに対してヘパリン1500～2500単位を注入しエア抜きを行った後に、加圧バッグに入れる。灌流用ラインをつなげ、ライン内にもエアが混入しないようにヘパリン加生食で満たす。筆者は小児用のチェンバー付き輸液ラインを使用し、テンションがかからないようにエクステンションチューブで長さを調節している。手元のクレンメで滴下のスピードを確認しながら手技を行っている。シースにはそのままつなげ、カテーテルには三方活栓を挟んでYコネクターを使用して接続する。

3 — 大腿動脈アプローチ

右総頸動脈

頭頸部血管へのカテーテル挿入を行う前に、大動脈弓および分岐、総頸動脈分岐部の狭窄やプラークの情報は必ず確認しておく。通常形態の右腕頭動脈へのカテーテル挿入は若年者であれば比較的容易であり、4～5Frヘッドハンター型をファーストチョイスとしている。気管分

岐部直上の気管右側壁をメルクマールにアーチに沿わせて進め、カウンタークロックにトルクをかけながら慎重に押し引きし、カテーテル先端を上向きにしながらカニューレションする。

先端がカニューレションされたら、15～20°程度のRAOで血管撮影を行い、ロードマップを使用し総頸動脈に0.035/0.032/0.025inchワイヤを進める。また、先ほどの血管撮影にてプラークや狭窄などが存在しないことを確認する。高齢者では腕頭動脈自体の蛇行あるいは分岐である右鎖骨下動脈の蛇行により、総頸動脈へのワイヤ挿入が困難な場合が少なくない。鎖骨下動脈起始部が背側に分岐することが多く、ややLAOで撮影しオーバーレイを使用して挿入を試みる。難しい場合はリシェイプ可能なワイヤを使用し、ワイヤ先端形状を合わせて挿入するなどの工夫が必要である。総頸動脈から内頸動脈あるいは外頸動脈にガイドワイヤを丁寧に進め、over the wireにてカテーテルを進める。その際、ガイドワイヤはpetrous ICA(内頸動脈)に入らないように心がけ、正面像で上顎洞レベルに先端を留め側面では乳様突起より尾側に先端を留置する。また、外頸動脈にワイヤを進める場合、顔面動脈などの分岐に入りやすくワイヤ先端の先当たりストレスによりスパズムをきたしやすいので、丁寧な操作が望まれる。カテーテルを進める際、ワイヤにテンションをかけてカテーテルのたわみを取り、反時計回りにトルクをかけながら押しすと緩徐にカテーテルを進めることができる。

大動脈の形態がtype 3であった場合で挿入が困難な際は、ヘッドハンターカテーテルからシモンズ形状に交換し挿入を試みる。シモンズ形状の作製にはいくつかの方法があるが、筆者は大動脈弓遠位での作製を行っている(図1)。

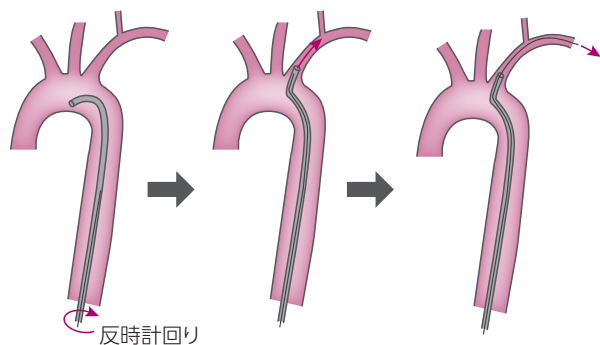


図1 シモンズ形状の作製手順

8 下部消化管出血 (大腸)

1 疾患特異的血管解剖

上腸間膜動脈

上腸間膜動脈は腹腔動脈の1~2cm尾側で(L1のレベル)、腹部大動脈の腹側に分岐する。

側面から見ると、前下方に放物線状に分岐する。大動脈から分岐して臍下面を通り、中結腸動脈を分岐した後は腸間膜内を走行する。起始より回腸末端枝までの長さは平均25cmである。分枝は下臍十二指腸動脈、中結腸動脈、右結腸動脈、回結腸動脈、小腸枝(空腸動脈、回腸動脈)で、発生学的には中腸に由来する臓器や消化管に分布している(図1)。

①大腸への灌流

上腸間膜動脈(SMA)は、概ね横行結腸の脾彎曲部までを灌流する。脾彎曲部が下腸間膜動脈(IMA)との分水嶺となるため、虚血に陥りやすい。

中結腸動脈は下臍十二指腸動脈のやや末梢で分岐し、左枝と右枝に分かれ、左枝は下腸間膜動脈の分枝である左結腸動脈と吻合し、右枝は右結腸動脈と吻合する。

右結腸動脈は中結腸動脈よりさらに末梢で右側に分岐する。中結腸動脈および回結腸動脈と吻合する。

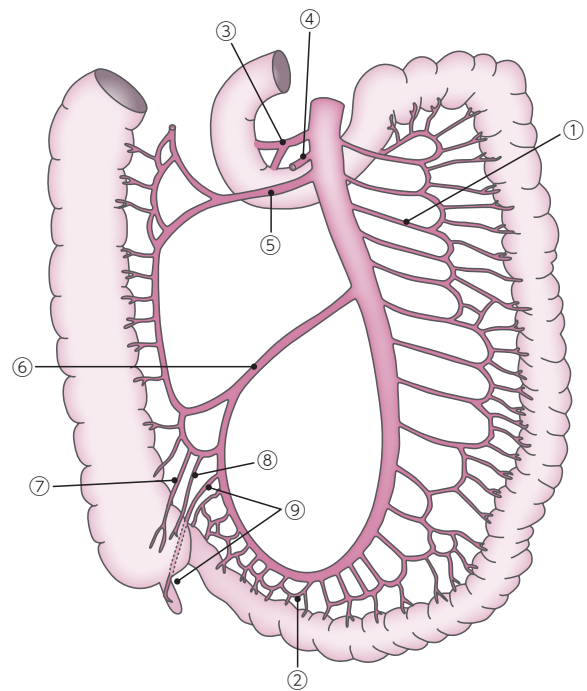
それぞれの結腸動脈は、辺縁動脈を介して吻合する。

回結腸動脈は右結腸動脈のさらに下方で分岐し、結腸枝と回腸枝に分かれる。

結腸動脈は欠損や共通幹を持つことが多く、本数とその内訳・頻度を表1にまとめた。

②小腸への灌流

空腸動脈と回腸動脈は、厳密に識別ができない。その



【図1】 上腸間膜動脈の解剖 (正面像)

①空腸動脈, ②回腸動脈, ③下臍十二指腸動脈, ④中結腸動脈, ⑤右結腸動脈, ⑥回結腸動脈, ⑦前盲腸動脈, ⑧後盲腸動脈, ⑨虫垂動脈

【表1】 動脈の本数とその内訳

3本の動脈	<ul style="list-style-type: none"> 中結腸動脈, 右結腸動脈, 回結腸動脈の3本がSMAから独立分岐している(24%) 回結腸動脈と右結腸動脈が共通幹を持つ(20%) 右結腸動脈と中結腸動脈が共通幹を持つ(22%) 3本すべてが共通幹(1%)
2本の動脈	<ul style="list-style-type: none"> 右結腸動脈が欠損(10%) 中結腸動脈が欠損(5%)
4本以上の動脈	<ul style="list-style-type: none"> 右結腸動脈が2本(6%) 右結腸動脈が3本(1%) 中結腸動脈が2本(9%) 中結腸動脈が3本(2%) 左結腸動脈がSMAから分岐している(1%)

ため血管造影上は回結腸動脈が分枝する以前に分枝する小腸枝が空腸動脈、それ以下が回腸動脈とされている。

小腸枝は平均15本と言われている。

空腸動脈の第一枝は下脛十二指腸動脈とともに分岐することが多い。

下腸間膜動脈

第2腰椎から第3腰椎の高さで腹部大動脈から分岐し、上腸間膜動脈より鋭角に尾側に向かう。正面像では大動脈の左側を走行することが多い。左結腸動脈、S状結腸動脈、上直腸動脈を分岐し、上直腸動脈が下腸間膜動脈の終末枝となる。

左結腸動脈は下腸間膜動脈から左に分岐し上行枝と下行枝に分かれる。上行枝は左結腸曲へ向かい、下行枝はS状結腸動脈と吻合している。

S状結腸動脈は複数の欠陥からなり、上直腸動脈や左結腸動脈と分岐することが多い。

上直腸動脈は右枝と左枝に分岐し直腸上部へ分布する。内腸骨動脈の分枝である中直腸動脈や下直腸動脈と吻合する。

分水嶺は脾彎曲部が80%とされている。

その先の分枝

結腸に分布する動脈は、吻合してループを形成する。このようなループの末梢側で結腸壁に沿って走る動脈枝を辺縁動脈(marginal arteries)と言う。辺縁動脈から結腸壁に向かってまっすぐに枝[直動脈(vasa recta)]が出る。

直動脈の特徴を表2¹⁾にまとめた。

表2 直動脈の特徴

- 短枝と長枝の2種類あり長枝は腸間膜反対側または遠位1/3を栄養し、短枝は腸間膜側または近位2/3を栄養している
- 腸間膜側の結腸間膜ヒモが最も血流が豊富である
- 直動脈は腸間の軸に対してほぼ垂直に走行する
- 粘膜下を除いて直動脈同士の吻合は少ない

(文献1をもとに作成)

リオラン弓

SMAとIMAの近位を吻合する穿通枝が存在することがあり、リオラン弓(Riolan's arcade)と呼ばれる。これは、SMAもしくはIMAの近位が閉塞した際に、もう一方への側副血行を提供する重要な吻合枝となる。

2 疾患特異的血管確保の仕方

SMAの血管確保までは総論を参照していただきたい。vasa rectaに到達するためには、SMAの分枝を經由して辺縁動脈に到達する必要がある。そのため、比較的長い経路の血管を選択することになる。よって、①親カテーテルをしっかりすわらせることができる、②長さに余裕をもったマイクロカテーテルを選択することが重要である。SMAは多くの場合、足側向きであるため、大腿動脈からアプローチする際は、シェファードフック型のように下向きにシェイピング可能なカテーテルを選択するとよい。SMAを選択した後は、辺縁動脈を經由してvasa rectaを選択するため、長い経路を選択する必要がある。

結腸に分布する動脈は吻合するので、閉塞したり塞栓されても結腸壁の供給は遮断されない。そのため下腸間膜動脈がEVERなどでsacrificeされても中結腸動脈(←上腸間膜動脈)や中直腸動脈(←内腸骨動脈)が側副血行路となる。しかし、回結腸動脈と右結腸動脈には辺縁動脈の発達が悪く、吻合がないこともある。

これらの解剖学的特徴から、辺縁動脈のレベルで塞栓したとしても側副路を回って血流が保たれるため、止血という目的には意味がない。そのため終動脈である直動脈を選択し塞栓する必要がある。一方で直動脈は側副路を持たないため、塞栓による虚血に注意する必要がある。

①IVR適応

下部消化管出血はほとんどの場合自然止血が得られるため、どの症例をIVRの適応とするのかは判断が難しい。血管造影で造影剤の血管外漏出像があるような活動性の出血があるのかを予測できればよいが、良い指標は定まっていない。血便は、出血が止まっても腸内に貯留した血液が排出される過程で認めるし、逆に出血早