

血管造影の基本理論

2. 機材・器具の種類と使用方法

奈良県立奈良病院 放射線科
吉岡哲也

はじめに

血管造影はSeldinger法¹⁾が登場してから、安全に行えるようになり放射線診断学の一手技として飛躍的に発展し、近年ではinterventional radiologyに汎用されている。本稿ではその基本的な使用機材・器具の種類と使用方法について概説する。

必要な器具

血管造影手技に必要な器具は、穿刺針、シースイントロデューサー、カテーテル、ガイドワイヤー、ルアーロックつきシリンジ、メス、モスキート、ピーカーなどである。これらの器具の中でディスポーザルでかつ使用頻度の高いものをセット化したソリューションパックがいくつかのメーカーから出ている。図1に我々が用いているソリューションパックを紹介する。このパックはシースイントロデューサー、ダイレーター、ドレープ、ラミシーツ、トレイ（大、小）、ピーカー（大2, 小1）、シリンジ、ロックシリンジ（20ml×2, 10ml×2）、18G（ピンク）針、22G カテラン針、三方活栓耐圧プレデューラーで構成されている。ラミシーツはこのパックの包装とワゴンの上でこれを展開すると清潔台を作成することができる役目をしている。ドレープは患者を覆う吸水性の覆布である。大トレイは水周りの受け皿、小トレイはヘパリン生食水を浸してカテーテルやガイドワイヤーを収納するために用いる。大ピーカーはヘパ

リン生食水と廃液用、小ピーカーは造影剤用に使用する。シリンジ（10ml）と18G（ピンク）針は局所麻酔用キシロカインを吸引するために、22G カテラン針は麻酔のための穿刺に用いる。20ml ロックシリンジはカテーテル洗浄用、10ml は造影剤注入用として用いる。三方活栓耐圧プレデューラーは自動注入器とカテーテルの接続に用いる。

穿刺針

穿刺針は通常、エラストマー針やベニユーラ針など内針が金属製、外針がテフロン製の樹脂でできた2重針の構造のものをを用いることが圧倒的に多い。成人では18～19G、小児では20～21Gを用いる。最近では後述する血管造影用シースセット内にすでにセット化されているものが多い。

ヘパリン生食水

ヘパリン生食水は血管内に挿入されたカテーテルの血栓除去ならびにカテーテルやガイドワイヤーの洗浄に使用する。カテーテル内に使用するときは点滴用セットを通して点滴用生食水瓶から直接吸引して用いることが望ましい。通常、ヘパリン生食水は生理的食塩水1,000mlに対してヘパリン10,000IUを混和して作成する。

シースイントロデューサー

シースイントロデューサーは、カテーテル操作による穿刺部血管の攣縮を防止し、カテーテル操作ならびに交換を容易にすることを目的としたものである。太さは3Fr以上で、長さは10cm(short sheath)～35cm(long sheath)のものが市販されている。この際の表示は内腔を示している。すなわち、3Frだと3Frのカテーテルを挿入できることを示している。従ってsheathの外径は約1Fr-1.5Fr程度太くなる。通常、大腿動脈アプローチでは4-5Fr、上腕動脈、橈骨動脈アプローチでは4Frが用いられている。近年は形状記憶型の材質などが用いられ、腸骨動脈での高度な蛇行にもkinkしにくいようになっている。またシースイントロデューサーの先端がわかるようにマーカーを搭載したものも市販されている。AG-CTや膵炎の動注などに応用できる4Fr 2本を1本のシースイントロデューサー（8Fr）から挿入できるY字型二口弁アダプター²⁾もある。

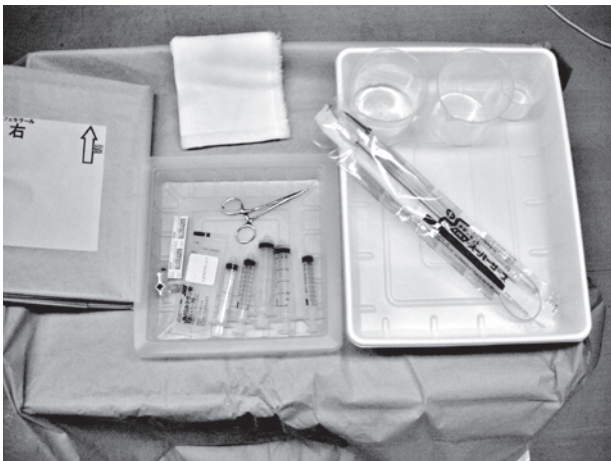


図1 筆者らが用いている血管造影用ソリューションパック

カテーテル

近年はpreshape型のカテーテル³⁾が主流で、この傾向はDSAおよびマイクロカテーテルの登場により造影カテーテルを以前ほど末梢まで進めることが少なくなったことでさらに拍車がかかっている。その形状はメーカーが揃えているだけでも膨大であり、さらに個人的な要求に合わせた形状にも対応していることからその種類はとてつもなく多い。一方、製造技術の発達とともに臨床現場からの要望もあって細径化が進み、現在最細3Frとなっている。また、カテーテル先端も最近では血管壁に障害の少ないソフトチップが採用されているものが多い。通常材質にはポリエチレンやテフロンが用いられているが、柔軟性を重視したナイロン製、滑りをよくするために親水性コーティングを施したものもある。

1. カテーテルの選択

ここでは胸部領域から下肢にかけて選択すべきカテーテルとその用法について我々が用いているカテーテルを中心に述べる。通常、気管支動脈や肋間動脈、腰動脈などに代表されるような大動脈から分岐する、血管が細く挿入したカテーテル先端がwedge気味になるような血管では、既製のpreshape型カテーテルが選択されることが多い。一方、腹腔動脈や上腸間膜動脈などに代表されるようにその起始部からの造影に続いて、さらに分枝の選択的造影を行うような比較的太い血管では、既製のpreshape型カテーテル以外に、術者オリジナルのカテーテルや、あるいは術直前に湯気や熱風で既製のpreshape型カテーテルの形状を変化させて使用されることも少なくない。それぞれの血管に一般的に用いられているpreshape型カテーテル

を表、図2に示した。それぞれの血管におけるカテーテルの選択とその用法について解説する。

- (1) 内胸動脈：内胸動脈専用の既製のカテーテルはなく、一般的にはジャドキンス・右冠動脈型のカテーテルが両側内胸動脈に良く用いられている。筆者らは脳血管に用いられるヘッドハンター型を使用している（図3）。内胸動脈は鎖骨下動脈起始部から鋭角に分岐しているのでジャドキンス・右冠動脈型やヘッドハンター型のように先端がホッケー型をしたカテーテルが有用である。
- (2) 鎖骨下動脈：左右で分岐が異なる。右側は上行大動脈から分岐する腕頭動脈を介して分岐し、左側は大動脈弓から直接分岐する。多くはヘッドハンター型でカテーテルの曲がりの少ないもの（H1型）を使用するが、高齢で腕頭動脈の蛇行が強い場合は、カテーテルの曲がりの大きいもの（H3型）を使用する。

表 各血管と一般的に使用されるpreshape型カテーテル

造影血管	用いるカテーテルの型
内胸動脈	ジャドキンス・右冠動脈型, H1H
鎖骨下動脈	H1H, H3H
気管支動脈	シェファードフック型(RLG), ミカエルソン型
肋間動脈	シェファードフック型(RLG), ミカエルソン型
下横隔膜動脈	シェファードフック型(RLG)
腹腔動脈	フック型, シェファードフック型, ループ・ザ・ループ型, コブラ型, ツイスト型
上腸間膜動脈	フック型, シェファードフック型
下腸間膜動脈	フック型
内腸骨動脈	フック型, モウリ型
腰動脈	フック型, シェファードフック型
下肢動脈	フック型, ストレート型, コブラ型

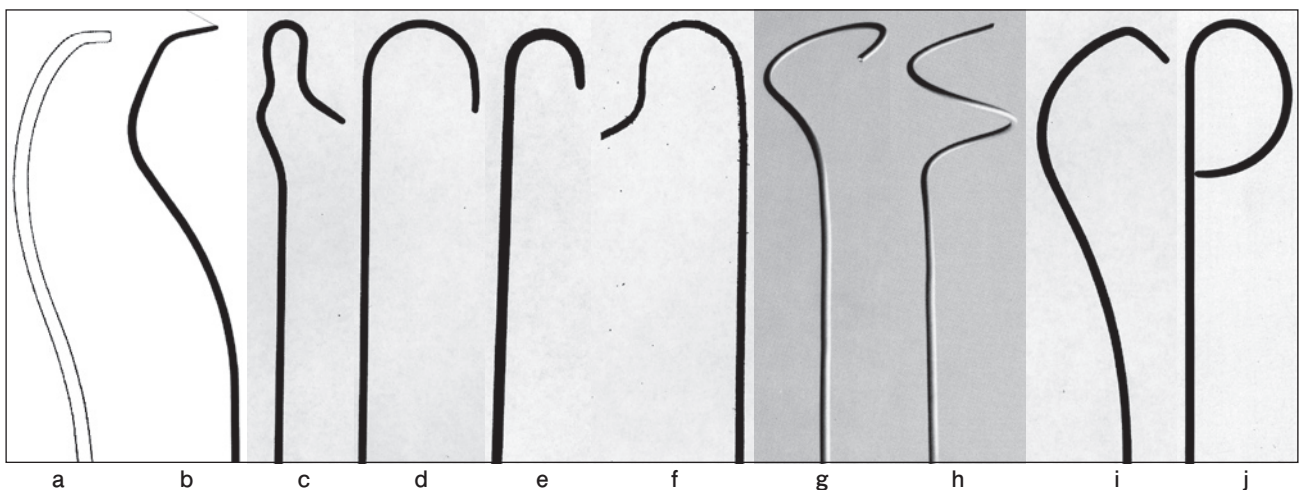


図2 各種カテーテル

- | | | |
|------------------|--------------------|---------|
| a. ジャドキンス右冠動脈型 | e. フック型(RIM) | i. コブラ型 |
| b. ヘッドハンター型(H1H) | f. シェファードフック型(RLG) | j. ループ型 |
| c. ミカエルソン型 | g. ツイスト型 | |
| d. フック型(RC2) | h. スパイラル型 | |

- (3) 気管支動脈：カテーテル先端が大動脈壁に直角に当たるようなシェファードフック型 (RLG型)¹⁾、ミカエルソン型⁴⁾を用いる(図4)。
- (4) 肋間動脈：気管支動脈と同様、カテーテル先端が大動脈壁に直角に当たるようなシェファードフック型 (RLG型)、ミカエルソン型を用いる。



図3 HIH型カテーテルを用いた選択的右内胸動脈造影



図4 ミカエルソン型カテーテルを用いた選択的右気管支動脈造影；気管支動脈末梢枝の塞栓術後

- (5) 下横隔動脈：腹腔動脈分岐直上や腎動脈分岐直上など、大動脈から直接分岐する場合や、腹腔動脈幹から分岐する場合、腎動脈幹から分岐する場合など分岐のバリエーションが多い。大動脈造影を行い分岐位置の確認を行ってからカテーテルを選択する必要がある。筆者はシェファードフック型 (RLG型) を基本的に用いている。腹腔動脈幹から分岐する場合や腎動脈幹から分岐する場合は、カテーテル先端を腹腔動脈幹や腎動脈幹に挿入後、カテーテル軸を反時計回りに回転させながら徐々にカテーテルを引っ張ってくるとカテーテル先端が上方を向きながら、腹腔動脈幹や腎動脈幹の根部に引き戻され、下横隔膜動脈に挿入される。選択的下横隔動脈造影用に考案された preshape 型カテーテル⁵⁾も報告されている。
- (6) 腹腔動脈：近年、肝細胞癌に対する動脈塞栓術が盛んになり、腹部領域では最も造影する頻度の高い血管で、フック型 (RC2型) (図5)、シェファードフック型、ループ型 (図6)、コブラ型、ツイス

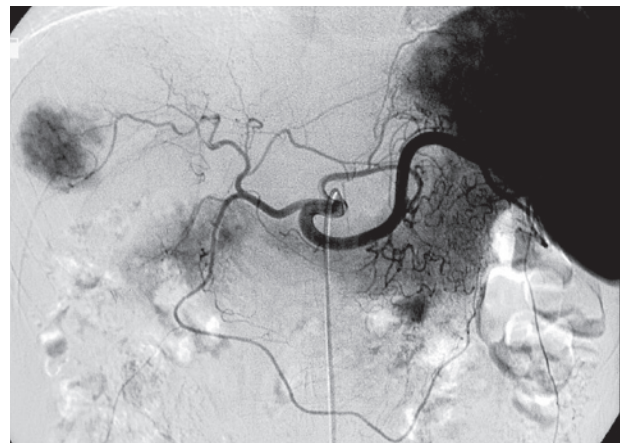


図5 フック型(RC2)カテーテルを用いた腹腔動脈造影

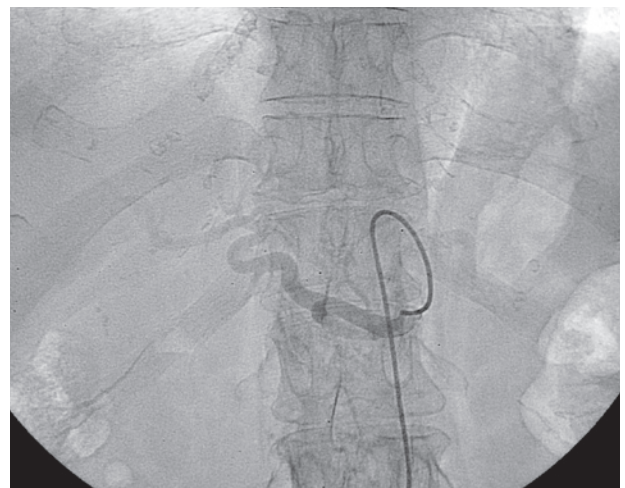


図6 ループ型カテーテルを用いた腹腔動脈造影 (旭川厚生病院放射線科 齋藤博哉先生提供)

ト型など多種多様の既製カテーテルが用いられている。さらに腹腔動脈から分岐する分枝の選択的造影も同じカテーテルを用いて同時に行うことが多いことから、これらの既製カテーテルを湯気や熱風で先端形状を変化させたり、術者オリジナルのカテーテルが用いられることも多い。

- (7) 上腸間膜動脈：腹腔動脈と兼用可能なフック型、シェファードフック型、ループ型、コブラ型、ツイスト型などなど多種多様の既製カテーテルが用いられている。
- (8) 下腸間膜動脈：L3上縁レベルで大動脈の腹側から分岐する下腸間膜動脈ではフック型を用いるが、大動脈径が腹腔動脈分岐レベルに比べるとかなり小さくなるため、フック型カテーテルの彎曲も小さくなるRIM型が最適である。
- (9) 腰動脈：通常、気管支動脈や肋間動脈と同様、起始部からの選択的造影のみを施行するのでフック型、シェファードフック型が主に用いられている。
- (10) 内腸骨動脈：モウリ型カテーテル⁶⁾を用いれば両側の選択的カテーテリゼーションが可能であり、さらに同側の多くの内腸骨動脈分枝の選択的造影も可能である。一側しか造影しなくてよい場合は、対側からフック型カテーテルを用いることも多い。
- (11) 下肢動脈：総腸骨動脈造影では対側からフック型カテーテルを挿入する。外腸骨動脈や総大腿動脈、さらにその末梢の深、浅大腿動脈へのカテーテリゼーションはガイドワイヤーを用いてカテーテルを進める。この時はカテーテル先端に側孔があるものを用いる。

2. Preshape型三次元カテーテルを元の形状に戻す方法

Preshape型三次元カテーテルを元の形状に戻すには大動脈弓でカテーテルを弓の天井に押し当てながらカテーテル軸を時計方向に回転して行う。シェファードフック型(RLG型)やミカエルソン型はこの方法を繰り返すと元の形状に復する。ループカテーテルの場合、この操作を行うとカテーテル先端が“豚の尻尾”のように輪を描く。この状態からガイドワイヤーの先端が硬い方か軟らかい方のいずれかを挿入し、カテーテル先端付近を突くと復する。

3. フック型(RC2型)カテーテルの操作方法

通常、血管造影用シースからカテーテルが出てくるとカテーテル先端は上方を向いているが、第12胸椎下縁から第1腰椎上縁のレベルでカテーテル先端を前方向に向けると腹腔動脈に、またそれより1/2椎体下方では上腸間膜動脈にカテーテリゼーションできる。Preshape型にしてから操作する場合は、第2腰椎上縁レベルで側方に向けると腎動脈にカテーテリゼーションでき、その状態からカテーテル全体を上方に上げる

と元の形状に復する。

4. 参考：特殊なカテーテル

このようにそれぞれの血管に適合した固有のpreshape型カテーテルを選択するが、中には1本のカテーテルで種々の選択的血管造影が可能なカテーテルが考案されている。大腿動脈アプローチの場合、大動脈の蛇行が強い例や腹腔動脈幹が長く下方に分岐している例では大野ら⁷⁾が考案したSigmoid tip catheterや筆者ら⁸⁾が考案したYUNカテーテル(図7)を用いるとカテーテリゼーションが比較的容易になる。これらのカテーテルは前述したループカテーテルを大動脈弓で本来の形状に戻す方法と同じように操作すれば本来の形状になる。これらのカテーテルの特徴は例えば腹腔動脈で使用する と総肝あるいは固有肝動脈までガイドワイヤーを用いずに進めることができる。

(1) YUNカテーテルが有用な血管と操作法

a) YUNカテーテルの形成の仕方(図8)

腹腔動脈、上腸間膜動脈、腎動脈、腸骨動脈で置換する方法と、当初からYUNカテーテルを大動脈弓で形成させる方法がある。前者は前述したように腹腔動脈や上腸間膜動脈などにフック型、シェファードフック型などのカテーテルを挿入し、ガイドワイヤーを用いてYUNカテーテルに置換する方法である。後者は最初からYUNカテーテルを挿入し、図に示したごとくループカテーテルを形成すると同様にラジフォークスワイヤーを用いて大動脈弓で本来の形に戻す方法である。

b) YUNカテーテルの操作法

図9に示すようにこのカテーテルはカテーテルシャフトを手前に引っ張ると先端が進む構造になっ

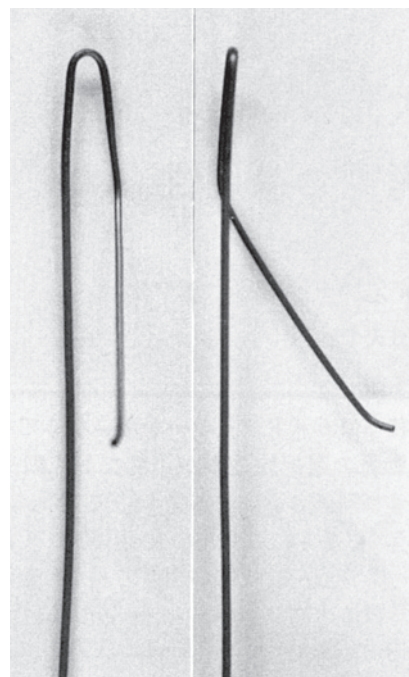


図7
YUNカテーテル

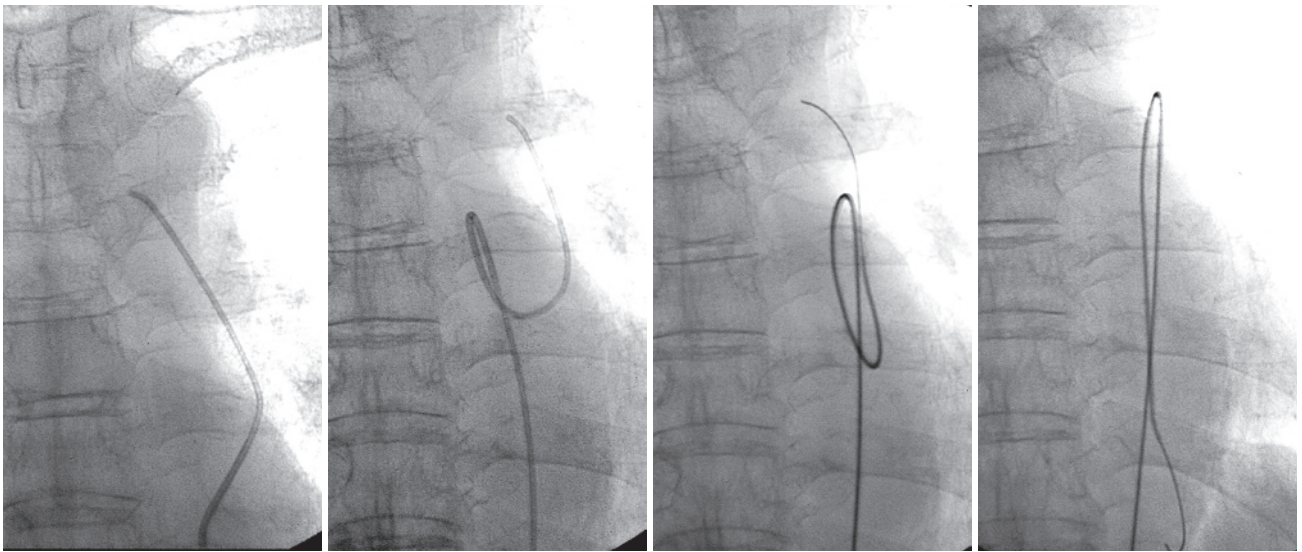


図8 YUNの形成方法

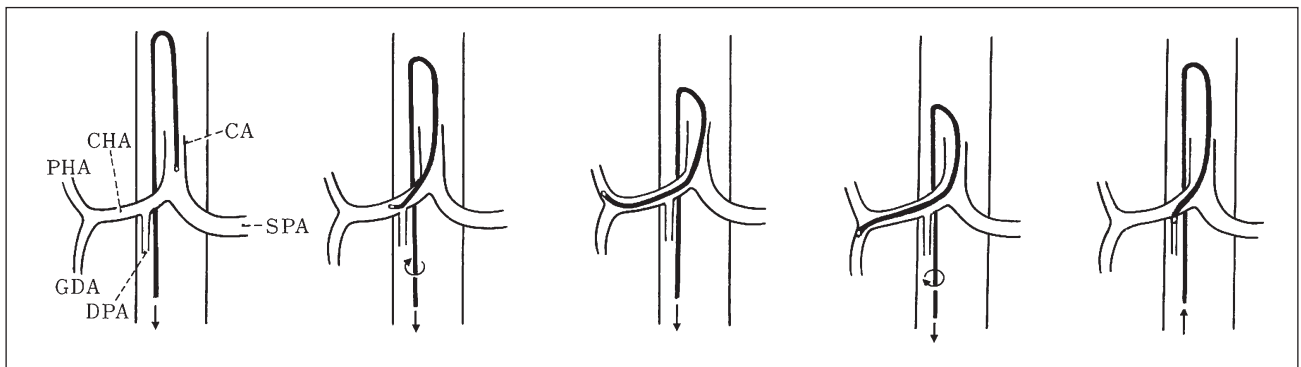


図9 YUN操作法

ている。反対に押し入れれば先端は後退する。

腹腔動脈幹がほぼ真横に肝側に向けてから総肝動脈と脾動脈が分岐する場合は、カテーテルは脾動脈方向に進みやすい。この場合はベンソン型ワイヤーなどの腰が弱いワイヤーやマイクロワイヤーを挿入し、その先端を少し総肝動脈へ挿入した時点で、YUNカテーテルのシャフトを手前に引っ張ると総肝動脈にカテーテリゼーションできる。

(2) YUNカテーテルが有用な血管

- a) 腹腔動脈から分岐する：総肝動脈，固有肝動脈，胃十二指腸動脈，脾動脈，背脾動脈，左胃動脈，下横隔動脈
- b) 上腸間膜動脈から分岐する：置換型肝動脈(図10)，下脾十二指腸動脈，背脾動脈，上腸間膜動脈分枝
- c) その他：下腸間膜動脈(分枝)，腎動脈(分枝)，腰動脈，内腸骨動脈(分枝)，外腸骨動脈，大動脈から直接分岐する下横隔動脈，同側浅・深大腿動脈
- d) 屈曲・蛇行の強い大動脈から分岐する分枝

特に腹腔動脈幹が長く、かつ下方に走行する症例の総肝動脈，固有肝動脈，胃十二指腸動脈，脾



図10 YUNカテーテルを用いた上腸間膜動脈から分岐した置換型右肝動脈の選択的造影

動脈、背腓動脈、左胃動脈、および上腸間膜動脈から分岐する置換型肝動脈や下腓十二指腸動脈、さらに下腸間膜動脈分枝など大動脈から分岐した後、下方に長く走行する血管や、彎曲した大動脈の外方に分岐する腎動脈には有用である。

その他のカテーテルを以下に示したが、IVRに用いることが圧倒的に多い。

5. バルーンカテーテル

バルーンカテーテルはバルーンを膨らませて血流を遮断したり、血流方向を変化させたりすることを目的として用いる。造影を目的として用いるときは腫瘍などの濃染を際立たせるために用いるが、最近は濃度分解能に優れたDSAを用いることが多いため、この目的に用いられることは少なくなった。一方、薬剤注入を目的とする場合にも用いられる。特に血流を遮断して高濃度の薬剤を注入するために用いたり⁹⁾、肝細胞癌に対する繰り返すTAEにより胃十二指腸動脈系から発する胆管周囲動脈叢に代表されるような肝外側副血行路への選択的カテーテリゼーションが不可能な時に用いたりする。バルーンが1つのものと2つのものがあり、バルーンより末梢、バルーンとバルーンの間、バルーンの手前に空けられた側孔の位置によりいくつかのパターンがある。

6. マイクロカテーテル

マイクロカテーテルには内外を問わず種々のものが市販されている。通常、先端はストレートであるが、すでに形状がついたものや湯気などの熱を加えることで形状をつけられるものもある。造影(親)カテーテルの中を通して用いることから、シャフトは最大3Frで先端はテーパーされ、最細のもので1.8Frとなっている。マイクロカテーテルの使用目的はより末梢へのカテーテリゼーションであり、その特徴から2つのタイプに分けられる。造影剤を大量に注入できるhigh flow型と、より末梢へのカテーテリゼーションが可能な型がある。マイクロカテーテルの造影剤注入量は通常最大2~3ml/sec程度であるが、high flow型ではカテーテルの長さや内腔の広さ、造影剤濃度(粘稠度)などによって異なるが最大5mlまで注入できるものもある。このタイプのマイクロカテーテルを用いれば親カテーテルを必要最低限の血管に挿入すればよい。たとえば肝臓を対象にした場合、親カテーテルを腹腔動脈に位置させた状態で、このタイプのマイクロカテーテルを挿入しDSAを用いれば腹腔動脈系分枝の選択的造影が容易に行える。一方、後者は前者に比べると末梢血管への選択的カテーテリゼーションの成功率が高い。一般的にhigh flow型ではカテーテル内腔を大きく取らなければならないため先端のテーパーが悪く、急峻に分岐した分枝へのカテーテリゼーションが困難なのに対して、より末梢へのカテーテリゼーションが

可能な型のマイクロカテーテルはいかなる分岐にも対応できるように先端のテーパーを鋭くしているため造影剤の秒間の注入量が抑制される欠点をそれぞれ有している。したがって、マイクロカテーテルはその用途を考えて選択すべきである。また、マイクロカテーテルの先端にバルーンが装着されたもの¹⁰⁾や、バルーン様に膨らませたものもある¹¹⁾。多くのマイクロカテーテルには付属品としてYコネクター(止血バルブ)がセットされている。このデバイスは親カテーテルである造影カテーテルに装着し、マイクロカテーテル操作中親カテーテル内の血栓形成の防止を目的としている。これにより、末梢血管への血栓防止とマイクロカテーテル操作が容易となる。

7. ガイディングカテーテル

ガイディングカテーテル(親カテーテル)とは、造影用カテーテル(子カテーテル)をさらに末梢へ挿入、あるいはその造影用カテーテルを介して挿入したマイクロカテーテル(孫カテーテル)をさらに末梢へと送り込むために用いられるシース機能を備えた選択的カテーテルのようなもの¹²⁾で、多くがpreshape型となっている。主に脳血管や腹部血管(特に腹腔動脈系)、四肢血管に対するIVRのために用いられる。

ガイドワイヤー

従来から用いられてきたステンレス鋼線をコイル状に巻きつけたものと、ラジフォーカスに代表される形状記憶鋼線に親水性コーティングしたものがある。先端の形状はストレートやカーブしたもの(J型)がある。近年は自由に形成できるものが多く開発されているが、一度変形させるとなかなか元の状態に戻しにくい。通常血管造影に用いられる4-5Frのカテーテルには0.035 inch 145 cmのものが用いられている。マイクロカテーテルに用いられるワイヤーは0.016, 0.018 inchである。この種のワイヤーも0.035 inchのものと同様に先端の形状はストレート、カーブしたもの(J型)、自由に形成できるものがある。通常マイクロカテーテルとマイクロワイヤーは一体型ではないが、中にはこの2つが一体となったものもある。マイクロワイヤーは細く、指先でトルクをコントロールしにくいので、多くのワイヤーに付属品としてセットされているトルクデバイスを用いると操作が容易となる。

止血デバイス

一般的には用手的に圧迫し、止血後は枕子を用いてさらに圧迫止血を病棟ベッドで続ける方法が行われている。枕子は1~2cm径の俵形のもので、その芯には薬のバイアル瓶や発泡スチロール、堅く丸めたガーゼなどを使っているようである。大切なことは枕子で周囲の静脈を圧迫せず動脈の穿刺孔だけを適当な力で抑えることである。その枕子を固定する方法にはエラス



図11 平田式止血バンドを用いた止血固定

チコンのような弾性テープを用いる方法や我々が用いているような専用の止血バンド(図11)を用いる方法、さらには枕头と止血バンドが一体となったヘモスパンのような止血専用圧迫器具などがある。一方、最近用手圧迫や枕头固定を必要としない止血デバイス¹³⁾として、糸で結紮するタイプ、血管穿刺口から皮膚穿刺口までの穿刺tractをコラーゲンやトロンビンで埋めるタイプ、anchor sutureを用いてtract内に挿入したコラーゲンを血管に圧着させるタイプのものが開発されているが本邦では保険適応でない。

【文献】

- 1) Seldinger SI : Catheter replacement of needle in percutaneous arteriography; new technique. Acta Radiol 39 : 368-376, 1953.
- 2) 村上卓道, 友田 要, 坂本 力, 他 : CT arterial portography および CT hepatic arteriography の一期的施行を目的とした着脱可能Y字型二口弁の試作. 日本医放会誌 57 : 430-432, 1997.
- 3) Rosch J, Grollman JH : Superselective arteriography in the diagnosis of abdominal pathology ; technical considerations. Radiology 92 : 1008-1013, 1969.
- 4) Mikaelsson CG : Polyethylene catheter of new shape for percutaneous selective catheterization. Acta Radiologica 3 : 581-589, 1965.
- 5) 樽沢孝二, 淀野 啓, 篠原 敦, 他 : 選択的下横隔, 左胃動脈造影のための新形状 (ILPG) カテーテルの試作. IVR会誌 12 : 96-97, 1997.
- 6) 毛利 誠 : 子宮動脈造影法とその血管解剖. 日本医放会誌 37 : 677-684, 1977.
- 7) 大野浩司, 秋本昌一, 九嶋和美, 他 : Sigmoid tip catheterの考案とその有用性 (第1報). 臨放 33 : 1055-1057, 1988.
- 8) 吉岡哲也, 阪口 浩, 廣橋伸治, 他 : 超選択的腹部血管用3次元ロングネックカテーテル (YUN) の考案と有用性. 臨放37 : 637-640, 1992.
- 9) 山田龍作, 山口真司, 中塚春樹, 他 : 新しい抗癌剤投与法—balloon catheterによる一時的動脈閉塞下抗癌剤動注化学療法の開発. 日本医放会誌 41 : 894-896, 1981.
- 10) Taki W, Yonekawa Y, Iwata H, et al : The new liquid material for embolization of arteriovenous malformation. AJNR 11 : 163-168, 1989.
- 11) 堀 信一, 竹内則之, 鳴海善文, 他 : Flow directed microcatheterによる肝動脈塞栓術. 臨放33 : 377-381, 1988.
- 12) 井上裕喜, 宮園信彰, 堀 晃, 他 : Preshaped ultra long sheathの試作と使用経験. 臨放 37 : 969-972, 1992.
- 13) Duda SH, Wiskirchen J, Erb M, et al : Suture-mediated percutaneous closure of antegrade femoral arterial access sites in patients who have full anticoagulation therapy. Radiology 210 : 47, 1999.