

## 末梢動脈のPTAの基本技術

## 末梢動脈のPTAの基本手技

慶應義塾大学医学部 放射線診断科

橋本 統, 栗林幸夫

## はじめに

与えられた課題項目である、機材の種類(バルーンカテーテル, スtent)と使用方法, PTA・stentの基本手技, 狭窄と閉塞病変のアプローチ・手技の違い・注意点, 保険適用につき, IVR学会技術教育セミナーの講演内容に準拠して概説する。

## 末梢血管拡張に用いられる機材

経皮経管血管拡張術のfeasibilityを初めて示唆したのはDotter<sup>1)</sup>であるが, 現実的な器具であるバルーンカテーテルを世に提示したのは, Gruentzig<sup>2)</sup>が最初である。

バルーンカテーテルは, 物理的に血管壁を内側から伸展し, 血管壁に調節された解離を作成することにより, 持続する血管内腔拡張効果を獲得するための器材である。

末梢血管拡張用バルーンは, 基本構造から古典的なバルーン(Plain Old Balloon)と, 新しいカッティングバルーン(Peripheral Cutting Balloon)とに大別される。

古典的なバルーンには, 柔らかい素材を用い, 加圧に応じてバルーン径が変化するsemi-compliant balloonと, PETなどの堅い素材を用い, バルーン径が圧にほとんど依存せず比較的一定値を保つnon-compliant balloonが存在する。

Semi-compliant balloonは, 素材の可塑性が高く, 病変部への到達性に勝れ, 屈曲したアプローチ経路を有する症例では威力を発揮する。また, 拡張圧をコントロールすることにより, 拡張径を細かく調整しうる利点も有している。しかし, 病変の石灰化・線維化が強固な場合, 十分に加圧しても, 肝心の病変部が拡張されずにクビレ(waist)が残存し, この前後の健常部が過拡張されてしまう, 所謂“dog bone phenomenon”を起こしやすいという短所を有する。

Non-compliant balloonは, 病変部への到達性では一歩劣り, 径の微調整も困難であるが, “dog bone phenomenon”を起こしにくいという大きな利点がある。

全てのバルーンカテーテルには, nominal pressure(規定圧あるいは推奨圧)とrated burst pressure(最大許容圧あるいは定格破裂圧)が存在する。前者は, バルーン径がパッケージに掲載された値にまで広がる際の拡張圧であり, 後者は, バルーンカテーテルの破裂を起こすことなく安全に拡張可能とメーカーが判断する, 拡張

圧の上限值である。

古典的バルーンは, 直線状を呈するものが大半であるが, 急峻な屈曲部に存在する病変を拡張する目的で, 非拡張時において曲線状の形状を有し, 加圧してもこの形状が保たれるかあるいはさらに曲率半径が小さくなるカテーテルも存在する。

末梢血管拡張用バルーンカテーテルは, 0.035”ガイドワイヤー対応のものと, 0.018”ガイドワイヤー対応のものに大別することもできる。前者のシャフト径は5~6 Fr.で, 導入には5~8 Fr.のシースを必要とする。後者は, 3~4 Fr.のシャフト径を有し, 4~6 Fr.のシースを介して導入される。これらの間には, profileの大小という形態上の違いに留まらず, 後述の如く, 保険診療上におけるカテーテルの公定価格の違いという現実的な差異も存在する。

両者の使い分けは, 基本的には穿刺に用いるアプローチ血管の径により決定される。後者のlow profile balloonは, 小児, 若い成人女性などの大腿動脈アプローチ時, あるいは成人の上腕動脈アプローチ時に用い, 成人の大腿動脈アプローチ時には, profileの大きいバルーンを用いる。

カッティングバルーンは, Barathら<sup>3)</sup>により開発され, 通常のバルーンの周囲に, 0.005インチと極めて丈の低いマイクロブレードを長軸方向に4枚装着した, 特殊なカテーテルである。末梢血管領域における意義は未だ確立されておらず, バルーン長は1cmに限定され, 拡張径のパリエーションも乏しいが, 低圧での拡張が可能で, 整然と調整された解離を作成しうるという利点があり, 今後の発展が期待されている。

## stent

金属stentは, elastic recoilやuncontrolled dissectionなど, バルーンカテーテルが有する限界を克服するために生まれた機材であり, Dotterによりその概念が示され, Gianturco<sup>4)</sup>やPalmaz<sup>5)</sup>により具現化された。

その後, 様々な特性を有する沢山のstentが開発された<sup>6)</sup>が, 現在本邦で, 末梢血管拡張を目的として保険適応下に使用可能な金属stentは, Palmaz stent, Easy WallstentおよびLuminexxの3種類である。

Easy Wallstentは自己拡張型stentであり, 外部カテーテルが引き戻され柵が外れていくにつれて, 自発的に拡張して血管壁に密着する。柔軟性に富み, 蛇行血管

や対側からの山越えアプローチが可能である、長区間病変に対応しうるなどの長所を有する一方で、拡張力 (radial resistive force あるいは chronic outward force) が弱い、ステントの著しい短縮が起こるため正確な位置決めが難しいなどの欠点も顕在化している。

バルーン拡張型ステントに分類される Palmaz stent は、バルーン周囲にマウントされた状態で病変部に運ばれ、バルーン拡張に伴い受動的に押し広げられて血管壁に密着し、バルーンが deflate し、抜去された後も病変部に拡張したまま留まる。

Hoop strength が強く管腔の保持能力に優れる、拡張時の短縮が少なく正確な留置が可能であるなどの利点を有する反面、柔軟性に乏しく、蛇行血管や対側アプローチには適さない、外力により変形すると自ら復元する能力が欠如するなどの短所もある。

Luminexx ステントは、2004 年春に新たに認可を得たナイチノール製の自己拡張型ステントである。6 Fr. と比較的細径のイントロデューサーから導入できる、柔軟性に富み対側からの山越えアプローチが可能である、拡張力 (radial resistive force, chronic outward force) が比較的強い、短縮が少なく正確な位置決めが可能である、などの長所を有している。

### 腸骨動脈拡張における基本手技

対側大腿動脈を逆行性に穿刺し、ピッグテールカテ

テル先端を大動脈下部に留置する。

腸骨動脈病変に対する基本アプローチは、狭窄であれ閉塞であれ、同側大腿動脈の逆行性穿刺である。この同側アプローチ (図1) は、病変に至る最短経路であり、例えば内膜下にガイドワイヤーが入り込んでも、剥離内膜が血流を障害する危険性は少ない。

ただし、鼠径靭帯直上の外腸骨動脈遠位部病変に関しては、同側からのアプローチでは十分な助走路が確保できず、健側大腿動脈穿刺による山越えの対側アプローチ (図2) が必要となる場合がある。また、総腸骨動脈起始部病変で、同側アプローチではサドルエンボリの発生が懸念される場合にも、対側からの山越えアプローチを考慮する。

病変部の突破 (traverse) は、アングル型あるいは直線型ラジフォーカスガイドワイヤーと先端が軽度屈曲した多目的カテーテル等を適宜組み合わせ慎重に操作し、可能な限り真腔を終始確保しながら行う。

同側アプローチが不成功に終わった場合には、対側からの山越えアプローチにより、腸骨動脈近位側からの順行性穿破を試みる。ただし、順行性穿破に成功した場合でも、traverse したワイヤーにそのままバルーンカテーテルなどの機材を被せて治療に移行することが、全ての症例で可能とは限らない。このような場合には、対側に導入したシースを、先端が同側総腸骨動脈近位に達する J 型ロングシースに置き換えるか、あるいは traverse した

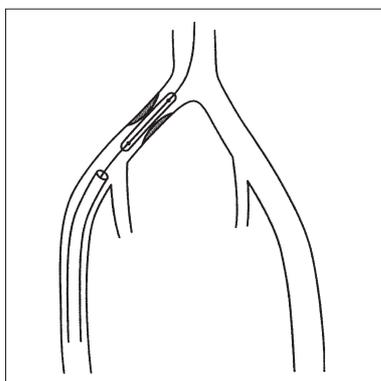


図1 同側アプローチ

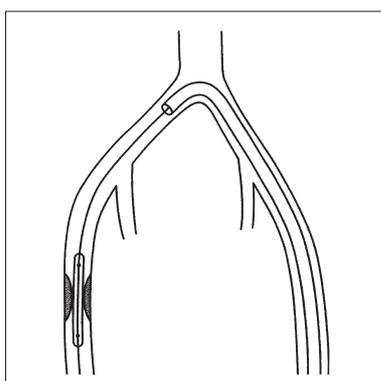


図2 対側アプローチ

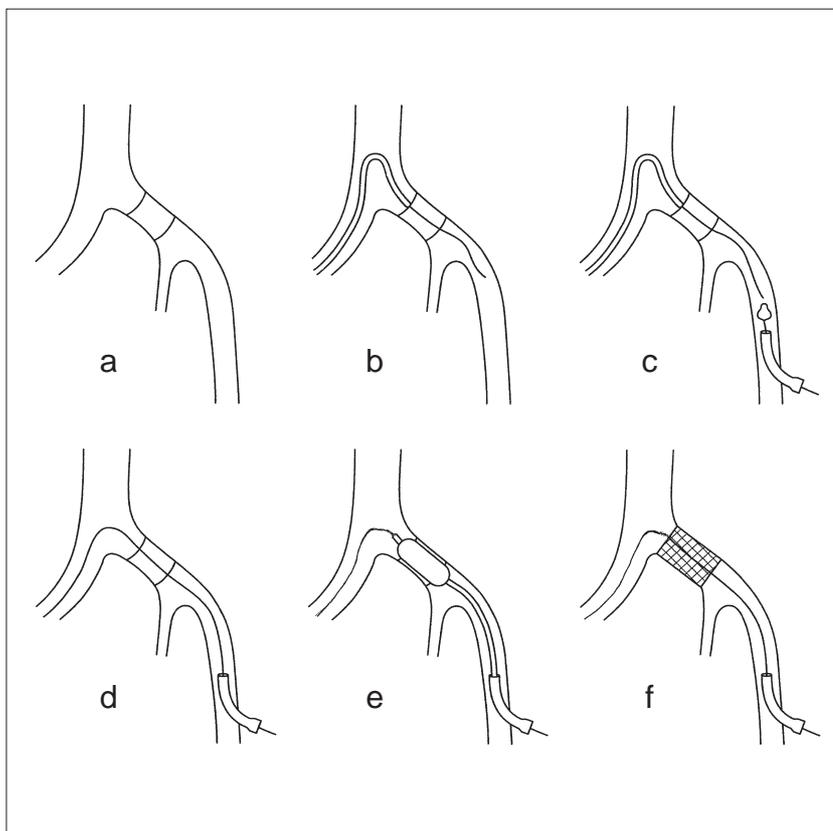


図3 Wire-loop 法

ワイヤーを、同側のシースから導入した snare wire にて捕捉し、体外に引き出して wire-loop を形成し、治療自体は同側から行う (図3)。

両側腸骨動脈完全閉塞例で、両側大腿動脈アプローチが困難な場合には、肘関節レベルでの左上腕動脈穿刺が必要となる。

なお、両側大腿動脈穿刺に成功し、シースが導入された時点で、70 単位/kg のヘパリンを動注する。その後も、ACT (Activated Clotting Time) を適宜測定し、これを250秒以上に保つべく、ヘパリンの追加投与を行う。これは、バルーン血管形成術およびステント留置術中・術後の急性血栓性閉塞を予防する上で、必要不可欠の処置である。

末梢血管の血管形成術には、(a) バルーン拡張のみ行う、(b) バルーン拡張の結果が不十分でありステント留置を追加する、(c) ステント留置を行うが、その前に、軽めにバルーン拡張を行っておく、(d) バルーン拡張を先行させずにステント留置を行う、の4通りの基本戦略パターンが存在する。

ステント留置の禁忌が存在する場合には、(a) が唯一

の選択肢となる。また、軽度の限局性狭窄に対しても、(a) により比較的良好な拡張効果を期待しうる。バルーン拡張単独の結果が思わしくない場合には、(b) パターンに移行する。ただし、限局性狭窄であっても、長期開存性を考慮すると、ステント留置にやや分があり、予め(c) の治療戦略を立てる場合もありえる。また、閉塞病変や長区間の狭窄病変に対しては、ステント留置の長期開存率が明らかに勝れるため、絶対禁忌が存在しない限りは(c) が推奨される。(d) のパターンは、“primary stenting” と呼ばれ、バルーン拡張による病変部の血栓・粥腫剥離とこれに伴う遠位塞栓が憂慮される場合に選択される。病変があまり強固でないことが予め確実に想定しうる場合には、バルーンによる前拡張を省略し、“primary stenting” の戦略を立てることも是と判断される。

バルーン拡張における最重要ポイントは、適切なバルーンを選択であり、その為には病変部前後の非狭窄部における血管径、すなわち参照血管径を、目盛り付きのカテーテルや血管内超音波 (IVUS : intra-vascular ultrasound) などを用いて正確に計測することが肝要である。

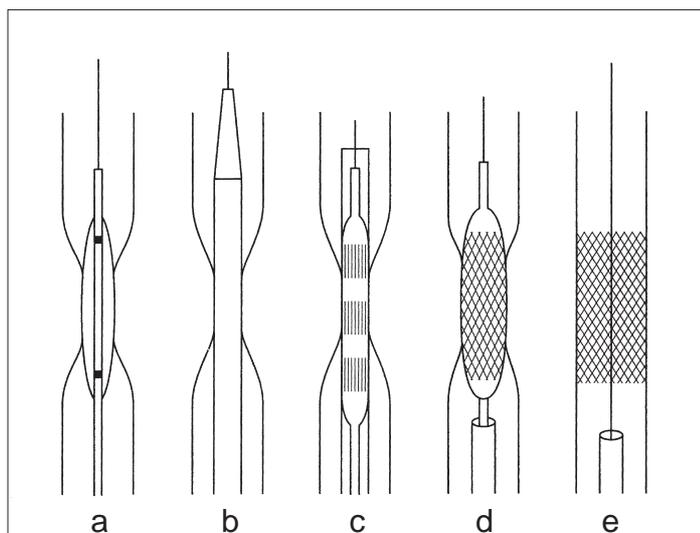


図4 Palmaz ステント® 留置の基本手技

- a: 前拡張
- b: シース挿入
- c: ステントのシース内への挿入
- d: バルーンによるステントの拡張
- e: バルーンの抜去

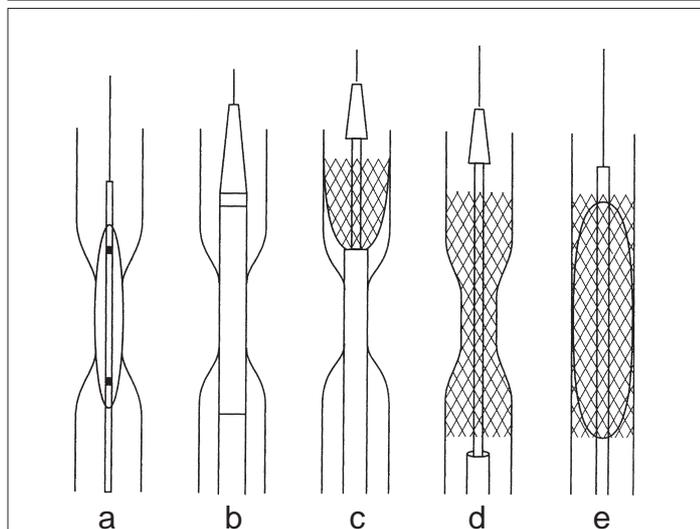


図5 Easy Wallstent 留置の基本手技

- a: 前拡張
- b: ステント・シース挿入
- c: ステントの拡張
- d: ステントの完全開放拡張
- e: 後拡張

参照血管径に応じたバルーン径、病変長を過不足無くカバーしうるバルーン長、そして病変の性状に合致した素材・デザインのカテーテルを選び、圧ゲージ付きのインデフレーターを必ず併用する。

戦略(a)の場合には、バルーン径は参照血管径と同等のものを選択し、定格破裂圧を上限として、クビレが消失するまで加圧する。戦略(c)の場合には、参照血管径よりも1~2mm小さな拡張径を有するバルーンカテーテルを用いた規定圧以下の加圧、すなわち“underdilatation”を心掛ける。

バルーンカテーテルの病変部への誘導は、over-the-wireスタイルにて行う。アプローチ経路が非常に屈曲蛇行しているか、病変が非常にtightであり、バルーン追従・通過困難が予想される場合には、stiff typeのガイドワイヤーを使用する。

ステント留置も、バルーン拡張時と同様、over-the-wire方式により、ガイドワイヤー先行の下に施行する。PalmaZ stentおよびEasy Wallstent留置における基本手技を、図4, 5に示す。PalmaZ stent留置時には、運搬時のステント脱落に対処すべく、病変部中樞側までロングシースを進めておく。

大動脈下部から片側あるいは両側総腸骨動脈起始部まで連続する病変の拡張時には、留置ステントによる対側総腸骨動脈起始部閉塞を回避するために、腹部大動脈下部から両側腸骨動脈にかけて、2本のステントをside by sideで留置する“kissing stent”法を考慮する。

ステントサイズは、病変部全長を過不足無くカバーし、Easy Wallstentの場合には、Full open時、参照血管径よりも1~2mm大きな径となるもの、PalmaZの場合には、参照血管に合致する径のものを、それぞれ選択する。Easy Wallstentは、留置後も数ヶ月のオーダーで徐々に短縮を起こすため、これを見越したステント長の選択を行う。

バルーンカテーテルを誘導できない部位への適応、バルーン拡張時にクビレが消失しないような堅固な石灰化部位への適応、金属アレルギーの既往がある患者、抗血小板療法・抗凝固療法を禁忌とする患者などは、ステント治療の禁忌である。

腸骨動脈の長区間閉塞病変に対して、かつては、対側穿刺山越えアプローチによる血栓溶解療法先行が推奨されていたが、最近では血栓溶解を先行させないprimary stentingが一般化しつつある。

ステント留置後のDSAおよびIVUSを参考にして、拡張の程度や壁へのapposition不良が多少なりとも存在する場合には、後拡張の適応ありと判断する。その際、ステントに被覆されていない正常血管壁の過伸展を極力回避する。

拡張の前後に、健側から大動脈に進めたカテーテル、および患側大腿動脈に留置したシースを用いて、DSAと圧較差測定を行う。DSA上の残存狭窄消失が理想であるが、30%以内に納まったものを技術的成功と判断

する。病変部前後での圧較差消失が治療の最終目標であるが、現実的には10mmHg以内を許容範囲内とする。

IVUSは、拡張前には参照血管径の正確な計測や石灰化の分布の確認、拡張後にはinitial gain(拡張径)測定や解離の有無の診断、ステント留置後のappositionの観察などにおいて、貴重な情報を提供する。

## 術後の投薬

術後は、急性血栓性閉塞予防のため、ヘパリン12,000単位/日を24時間点滴静注し、内服薬としては、アスピリン、シロスタゾールおよびチクロピジンなど、抗血小板剤1ないし2剤の経口投与を最低6ヶ月は継続する。ただし、secondary interventionが必要となった症例においては、抗血小板剤に代えて、ワーファリン化を行う場合もある。

## 大腿・膝窩動脈拡張における基本手技

Easy WallstentおよびPalmaZ stentを用いた際の、大腿・膝窩動脈領域病変における有用性は未だ証明されていない。従って現時点では、戦略(a)を基調として、バルーン拡張により、recoilや血流を阻害する解離が生じた場合に限定してbail out手段たる戦略(b)を選択する。ただし、より優れた長期開存性を有する新たなステントが認可された場合には、この限りではない。

施行後、中長期に再狭窄を来した場合、再度(a)を反復施行するか、あるいは戦略(c)に方針変更をはかるか、二者選択が求められる。

大腿・膝窩動脈拡張時のアプローチの基本は、同側大腿動脈高位の順行性穿刺である。ただし、総大腿動脈や浅大腿動脈近位部に病変が存在する場合には、対側からの山越えアプローチを要する。左上腕動脈からのアプローチを余儀なくされる場合もある。

病変部の穿破・拡張の実際・術中モニター・術後の投薬などの基本手技は、腸骨動脈拡張時に準ずる。

## 保険適用について

2003年春より、特定機能病院の入院患者を対象とした『包括化』がスタートし、今後全国的に展開されていく見込みである。IVR領域は、末梢血管拡張を含め、今回の措置では包括化されることなく、従来通りの出来高払い扱いとなっている。

### 保険請求名

末梢血管の拡張は、保険診療上は、コードK 613、保険請求名『四肢の血管拡張術・四肢の血栓溶解術』に分類され、手技自体で保険点数15,800点の請求が可能である。さらに、末梢血管拡張に用いられる機材の多くは、特定保険医療材料の認定を受けており、手技自体に付随する請求以外に、使用機材に対しても、無制限ではないものの、保険償還価格(公示価格)にて、別途保険請求が可能なシステムとなっている。

## 技術教育セミナー

**標準型バルーン**

末梢血管拡張用バルーンのうち、0.035インチガイドワイヤー対応のものは、『血管内手術用カテーテル/PTAバルーンカテーテル一般型/標準型』と呼ばれ、113,000円の保険償還価格が授けられている。

**特殊型バルーン**

0.018インチガイドワイヤー対応のバルーンは、カッピングバルーンを含めて『血管内手術用カテーテル/PTAバルーンカテーテル一般型/特殊型』に分類され、170,000円の保険償還価格を与えられている。

**末梢血管用ステント**

また、末梢血管拡張用ステントは、『血管内手術用カテーテル/末梢血管用ステントセット』に分類され、245,000円という保険償還価格を得ている。

例えば、末梢血管拡張術にて、0.035インチガイドワイヤー対応のバルーンカテーテルを1本、およびステントを2本使用した場合には、手技料として158,000円を、また、これとは別に使用した特定医療材料費として、病院への納入価がいくらであれ、 $158,000 + 245,000 \times 2 = 648,000$ 円を、請求し償還することができる。実際には、造影に用いたカテーテルやガイドワイヤー・造影剤・フィルムなどの費用も、その大半が償還される。

**おわりに**

実際の手技においては、種々のノウハウの蓄積とコツの習得が要求される。これについては、他稿に譲るもの

とする。また、機材使用上の細かな注意については、各機材の添付文書を参照されたい。

(図1～5は、IVRマニュアル(打田日出夫, 山田龍作監修, 栗林幸夫, 中村健治, 廣田省三, 吉岡哲也編集, 医学書院, 東京, 2002)より、一部改変の上、許可を得て転載)

**【文献】**

- 1) Dotter CT, Judkins MP : Transluminal treatment of arteriosclerotic obstruction. *Circulation* 30 : 654 - 670, 1964.
- 2) Gruentzig A, Hopff H : Perkutane Rekanalisation chronischer Arterieller Verschluesse mit einem neuen Dilatationkatheter : Modification der Dotter-Technik. *Deutsch Med Wochenschr* 99 : 2502 - 2511, 1974.
- 3) Barath P, Fishbein MC, Vari S, et al : Cutting balloon : A novel approach to percutaneous angioplasty. *Am J Cardiol* 68 : 1249 - 1252, 1991.
- 4) Wright KC, Wallace S, Charnsangavej C, et al : Percutaneous endovascular stents : an experimental evaluation. *Radiology* 156 : 69 - 72, 1985.
- 5) Palmaz JC, Sibbitt RR, Reuter SR, et al : Expandable intrahepatic portacaval shunt stents : early experience in the dog. *AJR Am J Roentgenol* 145 : 821 - 825, 1985.
- 6) Duda SH, et al : Physical Properties of Endovascular Stents. An Experimental Comparison. *JVIR* 11 : 645 -