

選択的冠動脈造影の方法 — 経大腿動脈カテーテル法

Mechanics of selective coronary angiography - Catheterization via femoral approach

Amplatz K, Formanek G, Stanger P, Wislon W. Radiology 89:1040-47,1967*

ミネソタ大学病院, ヴァージニア大学病院では, 選択的冠動脈造影を放射線科医が施行している. Sones が初めて記載した方法 [1] をもとに, 特別に成型したカテーテルを使用して経皮的に鎖骨下動脈, 腋窩動脈, あるいは大腿動脈に挿入する. 大腿動脈が最も有利と思われ, この方法で多くの症例を積み重ねている. 手技の成否は, 正確な解剖学的知識と, 解剖学的変異に適合したカテーテルの使用によるところが大きい. 本稿は, 大動脈起始部の解剖, カテーテルの材質や形状, カテーテル挿入法など, 経皮的経大腿動脈選択的冠動脈造影における重要なポイントを解説し, 初心者に資することを目的とするものである.

大動脈起始部の解剖

大動脈起始部は, 3つの膨隆した大動脈洞と管状の上行大動脈から成る (図 1a). 膨隆部と管状大動脈の境界部は sinotubular ridge (洞上行大動脈移行部) と言われ, 大動脈壁が全周性に部分的に肥厚している (P. Stanger, E. Edwards, 私信による). 洞上行大動脈移行部は, 選択的冠動脈造影において重要な目標となる. その下方に Valsalva 洞があり, これはいずれも大部分が大動脈壁, 一部は大動脈弁尖で輪郭される. 大動脈洞の上縁は, 洞上行大動脈移行部と大動脈弁尖遊離縁を結ぶ線である.

各弁尖の遊離縁は, 交連付着部で中央部に比較してかなり高い位置にある. この解剖学的特徴は, 選択的冠動脈造影においては非常に重要である. これにより, カテーテルが洞壁に当たって弁尖を越え, 対向する冠動脈口に進入するからである. 拡張期に3つの弁尖が接する線を, 共通閉鎖線 (the line of common closure) という.

大動脈洞は, 一般的な理解と異なり同じ大きさではない. 無冠大動脈洞 (後大動脈洞) は, 通常右大動脈洞, 左大動脈洞よりもやや大きい. この大きさの不均等は, 特に高齢者の大動脈拡張や, 嚢胞性中膜壊死症で顕著である (図 1b). 大動脈洞の名称は誤解を招きやすい. 大動脈起始部の位置によって, 右大動脈洞は前部, 左大動脈洞は左後部, 後大動脈洞は右後部に位置する.

2本の冠動脈は大動脈起始部の正反対の位置から分岐するのではなく, 100~140度, 平均125度離れている (図 1b). 一般に, 冠動脈は Valsalva 洞内では比較的高位で分岐するが, 洞上行大動脈移行部よりは下

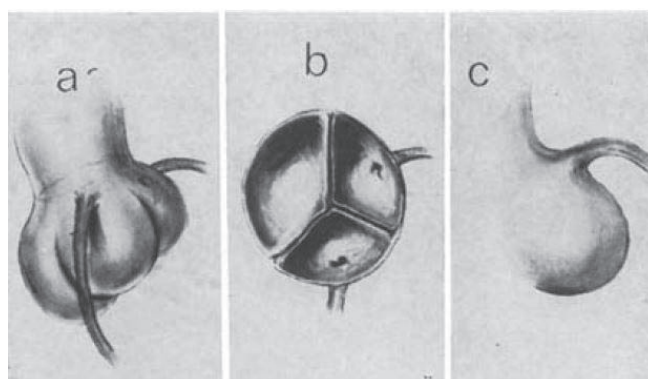


図 1. (a) 大動脈の解剖. 前方に右冠動脈, 右大動脈洞, 右後方に左冠動脈, 右方に無冠動脈洞. 点線は, 管状大動脈と膨隆の境界 (sinotubular ridge, 洞上行大動脈移行部). (b) 冠動脈は通常対応する弁尖の中ほどから分岐し, 大動脈起始部の対面からは分岐しない (平均 125 度). 無冠尖は, 右尖, 左尖よりやや大きい. (c) 冠動脈口は漏斗状で, 冠動脈近位部は弯曲した大動脈壁とほぼ垂直である. これらの解剖学的特徴は, 選択的冠動脈造影に重要である.

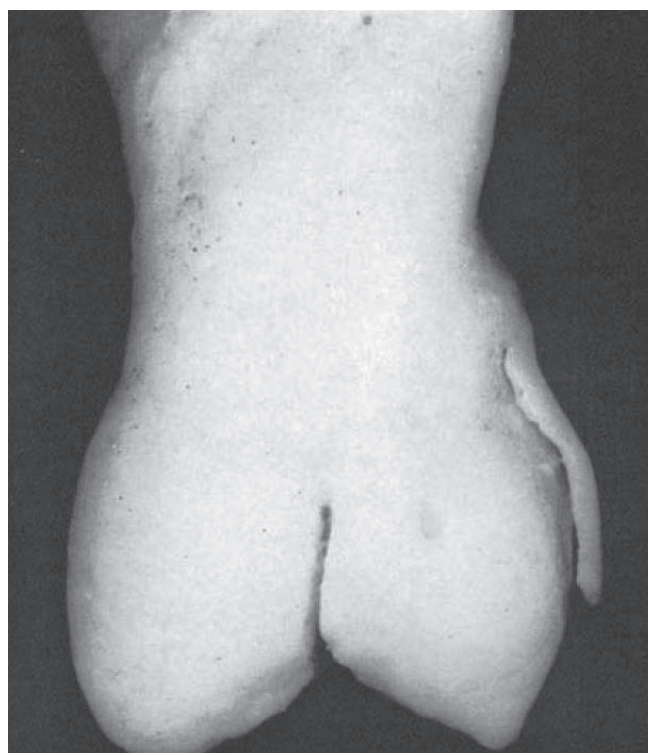


図 2. 大動脈および洞上行大動脈移行部から分岐する冠動脈の石膏鋳型模型. 起始部は大動脈壁に垂直ではない.

である. 多少の変異はあるが, 各冠動脈口は対応する弁尖の交連付着部のほぼ中央に位置する (図 1b). 冠動脈口には軽度の先細りがあり, これにより選択的カテーテル挿入が容易となる (図 1c). 冠動脈起始部はいずれも大動脈洞の壁の曲面にほぼ垂直である (図 1c). Sones によると, この角度は左冠動脈の選択的挿入に非常に重要である.

*The University of Minnesota Hospitals, Minneapolis, Minn. (ミネソタ州ミネアポリス ミネソタ大学病院)

少数例では、片側あるいは両側の冠動脈が、管状大動脈 (tubular portion) あるいは洞上行大動脈移行部直上から分岐する。この場合、冠動脈は大動脈壁と垂直ではなく、管状上行大動脈と鈍角を成して分岐し (図 2)、選択的カテーテル挿入を非常に困難とする (図 3)。幸いにこの変異は稀である。

少なくとも 50% の例で、3 つの異なる冠動脈口が存在する。第 3 の冠動脈は、細い右円錐部枝で、通常右冠動脈口近傍の大動脈から直接分岐する。この解剖学的変異は、右円錐部枝は非常に細く、誤ってカテーテルを挿入すると容易に閉塞してしまうことから、選択的カテーテル挿入において重要である。

カテーテルの材質

様々なカテーテルが発売されており、材質には X 線透過性ポリエチレン、X 線不透過性ポリエチレン、ダクロンメッシュ (woven Dacron)、ポリウレタン、テフロン、その他のプラスチックがある。それぞれについて、冠動脈造影カテーテルとして最も重要な特性である塑性記憶性、トルク伝達性を体外で試験した。

塑性記憶性を試験する簡便な方法を考案した。カテーテル先端に熱を加えて、直角に曲げる。硬い直線ワイヤを挿入してカテーテル先端を伸展した状態で 37℃ の温浴槽に一定時間浸し、槽からとりだしてワイヤを抜去する。所定の時間後、カテーテルが初期の形状に復する角度を測定する。

無調製ポリエチレン (Clay-Adams 社)、不透過性ポリエチレン (Kifa 社) は、最も良い塑性記憶性を示した。ポリウレタン (Ducor 社、Cordis 社) はやや劣った。テフロン (U. S. Catheter 社) は不良で、メーカーによって形状が「焼き込まれている」はずのダクロンメッシュは全く回復しなかった。

トルク伝達性は、相対的捻れ係数 (relative torsion coefficient) を求めた。懸架したカテーテルに 1kg の円板状分銅をとりつけ、一定時間内の回転数を測定した。トルク伝達性が最も良かったものは Positrol タイプのダクロンメッシュ (U. S. Catheter 社、Sones)、ワイヤメッシュ埋込みポリウレタン (Ducor 社、Cordis 社) が僅差でこれに続いた。テフロンは、不透過性ポリエチレン (Kifa 社) よりも良好であった。透過性ポリエチレン (Clay-Adams 社) は最低であった。

カテーテルの形状

カテーテルの形状については、Wilson ら [2] が既に記載している。経大腿動脈法では、1 本のカテーテルで両側冠動脈に常に挿入することは困難あるいは不可能であることから、左右冠動脈にそれぞれ特別な形状のカテーテルを用意した。いずれの冠動脈カテーテルも、狭窄した冠動脈口を誤って閉塞することがないよ

うに、先端の外径は小さなもの (およそ F5) とした。いずれのカテーテルも、遠位冠動脈に偶発的に前進しないような形状とした。これは、バイプレーン撮影装置で患者を動かす必要がある場合には重要である [2]。

Valsalva 洞の形状に応じて異なる曲率のカテーテル 3 本を用意した。熟練者であっても、サイズが大き過ぎる、あるいは小さ過ぎるとカテーテル挿入が不成功に終わることがあるため、適切なサイズを選択することは非常に重要である。適切なカテーテルを使用すれば、いずれの冠動脈もほとんど即座に挿入できる (図 3)。

いずれのカテーテルも、選択にカテーテル挿入をでき、かつ脱落しないよう、その先端が常に大動脈洞に垂直となるように作られている。

左冠動脈への挿入では、カテーテルを最も低い位置にある無冠尖に押しつける。後尖と左冠動脈の距離は最も遠いため (図 4b)、左冠動脈カテーテルは右冠動脈カテーテルよりも強いフック状である。

右冠動脈への挿入では、カテーテルを、右冠動脈とほぼ同高でこれに対向している左尖に押しつける。従って、右冠動脈カテーテルのカーブは浅く小さい (図 3、図 4a)。カテーテル先端の前部を確実にするために、右冠動脈カテーテルには大動脈弓の形に合わせたカーブが付加されている (図 3R)。

ポリエチレン、テフロン製カテーテルの成型法については既に記載されている。ポリウレタンも、同様な方法で、先端を 120 ~ 130℃ に熱した鉍油に浸して成型する。標準的な Ducor No.7 あるいは No.8 カテーテルを、ガイドワイヤ (0.035 インチ) にかぶせて加熱鉍油内で牽引することにより、先端の良好な細いテーパーが得られる。熱湯に 30 秒浸して、室温で冷却する方法も充分良好である。同じ鉍油浴で、成型ワイヤ (Cordis 社) を使って成型することもできる。カテーテルは、ガス滅菌すれば再使用できるが、摩擦を最小限とする

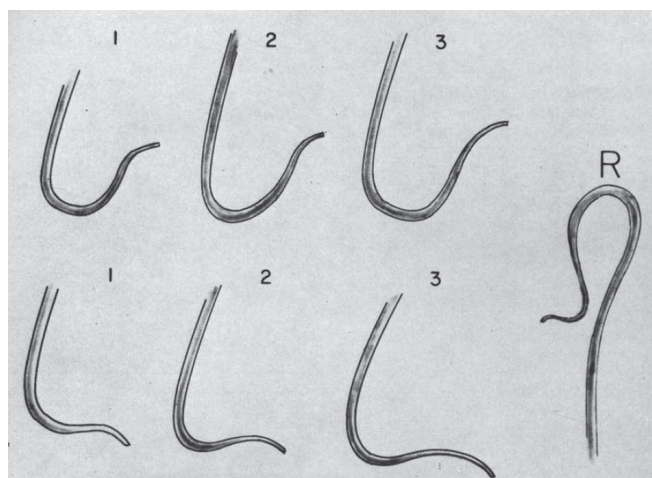


図 3. 上段：左冠動脈カテーテル。サイズ 1, 2, 3。フック状で先端は先細りしている。下段：右冠動脈カテーテル。サイズ 1, 2, 3。フック状の形状は軽度で、全体に小さい。R: 右冠動脈カテーテルには、大動脈弓の形に合わせたカーブが付加されている。

ためにカテーテルと直線ワイヤにはシリコン加工が必要である。

カテーテル挿入法

患者を鎮静剤 (バルビタール製剤, Visteril [訳注: アタラックス (R)] など) で前処置する。おそらく最も重要なことは, Pronesthyl [訳注: アミサリン] 500mg を投与して不整脈の発生を予防することである。我々の経験では, 心室細動の発生は稀である (1% 以下)。

カテーテルは, 通常の方法で経皮的に大腿動脈から挿入し [3], methylglucamine diatrizoate (60% Renografin) [訳注: ウログラフィン (R)] を少量テスト注入しながら透視下に上行大動脈に進める。カテーテルの形状は大動脈に適合しているため, ほとんど操作は不要である。適切なカテーテルのサイズを選択すれば, 経験の浅い術者でも容易に冠動脈にカテーテルを挿入できる。

しかしカテーテル挿入に失敗した場合, その理由を知るためには経験が必要である。その原因は通常, カテーテルが小さ過ぎる, あるいは大き過ぎることであるが, 冠動脈口の形状の変異が原因の場合もある。5 分以内に挿入に成功しない場合は, 原因を考えて適当なカテーテルを選択しなければならない。多くはカテーテルが小さ過ぎるあるいは大き過ぎるので, これを是正すればただちに成功する。

カテーテルが小さ過ぎる場合の徴候:

1. 大動脈弁尖に対して軽度の圧で押すだけで, カテーテルが弁尖を越えてしまう。これが何回か起こる場合は, 次のサイズのカテーテルに替える。

2. 造影剤注入時にカテーテルが冠動脈口から反跳する, あるいは大動脈弁の動きによって脱落してしまう (図 5a, 5b)。

3. カテーテルが冠動脈口に進入後, わずかに引き戻すことにより固定できない (図 5c, 5d)。

4. カテーテル先端を大動脈弁に確実に押し当てても冠動脈に達しない (冠動脈口高位) (図 5e)。

冠動脈口に挿入したら, 冠動脈が部分的あるいは完全に閉塞していないことをまず確認する。適切な位置にあることを示す所見: (a) カテーテルから十分な拍動流が逆流する, (b) 少量の造影剤をテスト注入すると正常に流出する。カテーテルが冠動脈口を閉塞している場合は, 造影剤が流出しない。安全に注意して行えば, カテーテルが自然に進むことはないので, 連続的な圧モニターは不要である。カテーテルは, 長時間にわたって閉塞, 脱落することなく冠動脈口に留置できる。

カテーテルが偶発的に脱落する, 造影剤注入時に跳ねる, 進むなどを防ぐためには, 弁尖からわずかに引き

戻すことによってカテーテルを固定する (図 5c, 5d)。

カテーテルが大き過ぎる場合の徴候:

1. 弁尖に押しつけてもカテーテル先端が Valsalva 洞から進まず, カテーテルが折れ曲がる (図 6a)。この現象は, 特に大動脈洞が非常に深く, カテーテルが大き過ぎる場合にしばしば発生する。

2. カテーテルが冠動脈口起始部を越えてヘアピン状になる (図 6b)。

カテーテルが J 型になると (図 7a), カテーテル先端を大動脈の洞部に挿入できない。この状況を是正するには次のような方法がある。(a) ガイドワイヤを再挿入してカテーテルの弯曲部まで進めて伸ばす (図 7b)。(b) カテーテルを腹部大動脈まで引き戻し 1 分間待つと, 「成型」されて直線化する。(c) カテーテルを心室に進め, ゆっくりと大動脈弁をこえて引き戻す (図 8)。(d) 小さなサイズのカテーテルに交換する。

造影剤

選択的冠動脈造影に最も安全な造影剤は, methylmeglucamine diatrizoate (60~76% Renografin) である。ディスポーザブルのプラスチックシリンジを使い, 冠動脈の解剖に応じて 6~12cc を用手注入する。

考察

提唱されている冠動脈造影法の中で, 選択的造影法は最良な方法である [1]。しかし, この方法は上腕動脈の外科的露出が必要であり, 放射線科医は通常施行できない。従って, より簡単で時間もかからない経皮的カテーテル法が望ましい。

右鎖骨下動脈あるいは腋窩動脈にカテーテルを挿入する場合, 距離も短く, 手動的に操作しやすいにも関わらず, この方法で左冠動脈に確実にカテーテルを挿入することは困難で, 亜選択的造影しか行えないのが普通である。従って, 選択的冠動脈造影には経大腿動脈的カテーテル法が適しており, 大動脈起始部の形状にあわせて成型されたカテーテルがあれば, 容易であることが示された。

基本的に, 冠動脈造影には 3 つの方法がある。カテーテルを順行性に進める方法 (図 9a), 弯曲したカテーテルを冠動脈口に押しつける方法 (図 9b), 逆行性に進める方法 (図 9c) である。

カテーテルを直接挿入する方法 (図 9a) は, Sones 法で右冠動脈で一般に行われる方法で, 非常に良い結果が得られる。しかし, 目視コントロールなしにフィルムチェンジャーで撮影すると, カテーテルが偶然に冠動脈内に進んで細い遠位枝を閉塞する可能性があるため, シネ血管造影でしか使用できない。

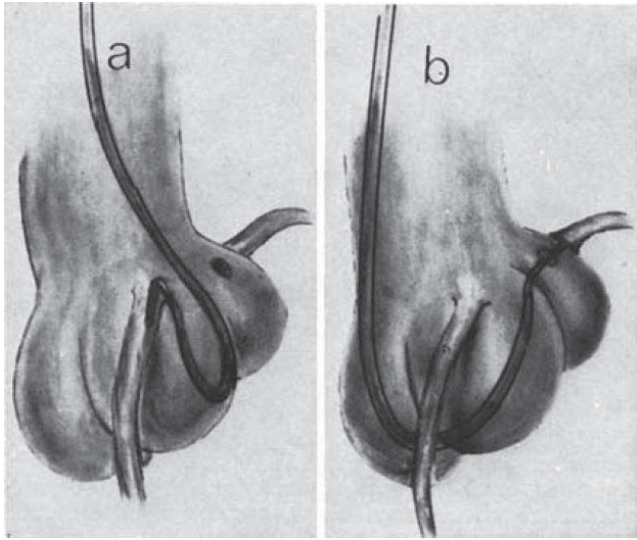


図 4. 右冠動脈カテーテルを、右冠動脈に対向する左弁尖に押し当てて挿入したところ。(b) 左冠動脈カテーテルを、左冠動脈口とは離れて低位にある後尖に押し当てて挿入したところ。このように左冠動脈カテーテルは、フック形状が強く大きなカーブをもつ。

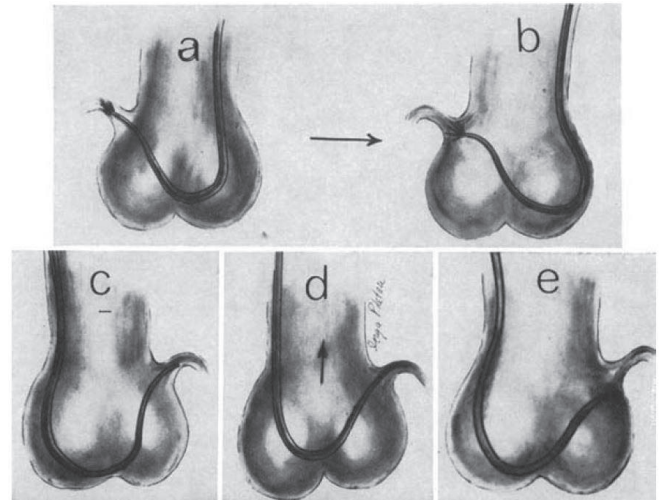


図 5. (a) 冠動脈に入ったカテーテルが、造影剤注入中、あるいは拡張期、収縮期の弁膜の運動により反跳した状態。(b) カテーテルが小さ過ぎるため、対向する冠動脈洞に充分押しつけられていない。(c, d) カテーテル先端が冠動脈口に挿入された状態で、わずかに引き戻し (d, 矢印)、冠動脈の上壁に圧を掛けることにより脱落を防止できる。(e) 大動脈洞に充分な圧がかかっているにも拘わらず、カテーテル先端が冠動脈口に到達しない。カテーテルが小さ過ぎるためである。

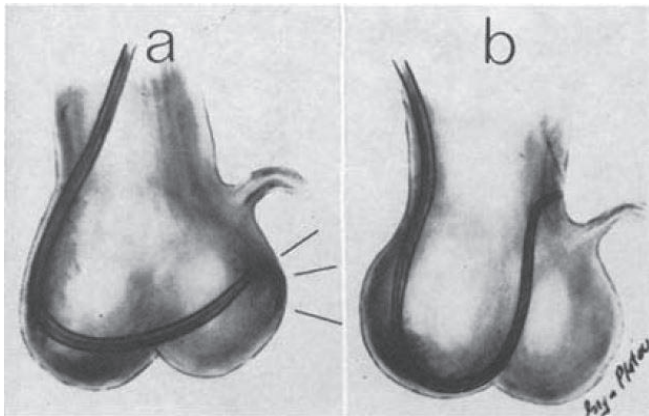


図 6. (a) カテーテルが大き過ぎるため、カテーテル先端 (矢印) が Valsalva 洞深部で屈曲している。(b) カテーテル先端が冠動脈口を越えている。カテーテルのサイズに比して大動脈が細いためである。

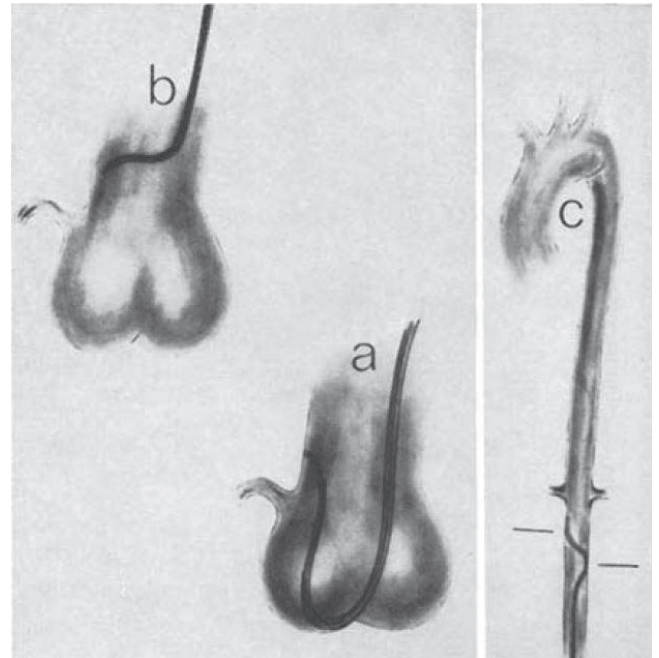


図 7. (a) カテーテルは、先端が膨隆した大動脈洞内に入らないよう、強い J 型である。(b) ガイドワイヤを挿入してカーブを伸ばす。カテーテル先端は下を向いて Valsalva 洞に向く。(c) カテーテルを腹部大動脈まで引き戻してカーブを伸ばす。

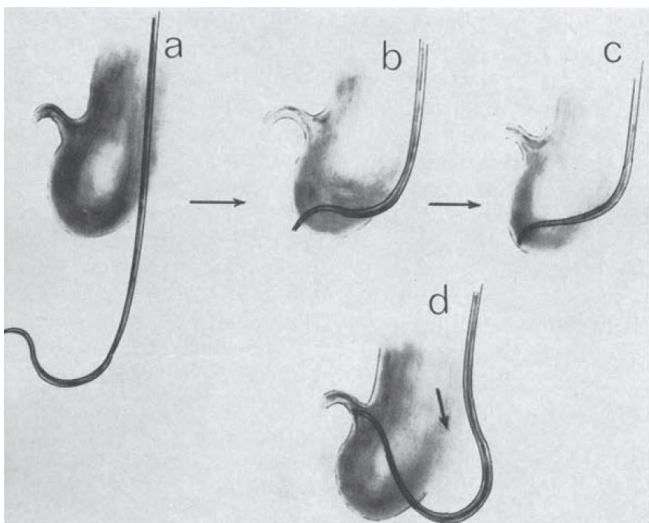


図 8. (a) カテーテルを左心室に進め、(b, c) 大動脈弁を越えてゆっくりと引き戻す。カテーテル先端は洞上行大動脈移行部の下にあり、大動脈洞に軽く押し当てると容易に冠動脈に入る (d, 矢印)。

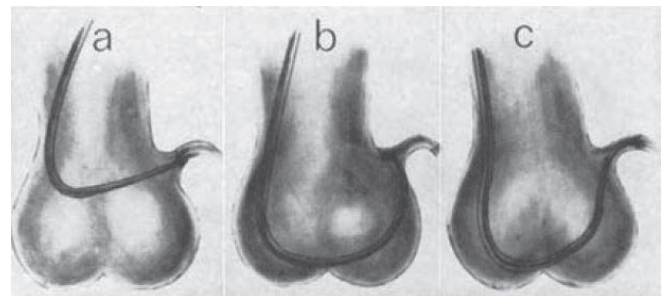


図 9. (a) カテーテルを左冠動脈内に直接挿入することは、困難かつ細枝を閉塞する可能性があるため望ましくない。(b) Sones 法で一般に行われる左冠動脈の亜選択的造影法。このような間接的カテーテル法は、専用に成型されたカテーテルによる造影法 (c) には及ばない。

Sones カテーテルで通常行われる左冠動脈の選択的造影は、冠動脈が Valsalva 洞の壁に対して垂直であることから実行可能となる。冠動脈が洞大動脈移行部より高位にある場合、この方法はうまく行かずに「弁尖造影」となる。この方法は、専用の成型カテーテルによる選択的造影 (図 6) に比して不十分である。

冠動脈口から約 1cm の深さで選択的造影を行うと、最良の結果が得られる。前述のカテーテルの形状から、カテーテルがこれ以上進むことはなく、カテーテルが冠動脈口に進入したらただちに先端をわずかに引き戻すことにより「固定」できる (図 5c, 5d)。いったん定位置に落ち着けば、十分な拍動流が得られている限りカテーテルは移動しない。従って、患者をバイプレーン撮影のために移動したり、シネ撮影のために様々な斜位にしても、冠動脈の閉塞、カテーテルの逸脱、遠位の細枝への予期しない挿入などは起こらない。

カテーテルの材質は、ポリエチレン (Clay-Adams-Kifa 社)、特にポリウレタン (Ducor 社) が、テフロン、ダクロンメッシュより望ましい。ダクロンメッシュ (Sones の Positron カテーテル) はトルク伝達性に非常に優れているが塑性記憶性に劣ることから経大腿動脈法には使用できない。ポリウレタンは塑性記憶性にはやや劣るものの、非常に優れたトルク伝達性はこの欠点を上回るもので、現状では最適な材質である。さらにポリウレタンは、カテーテルを回転するときに跳ねることがない。これはポリエチレン、特にテフロンの大きな欠点である。

要約・結論

冠動脈造影は、経大腿動脈カテーテル法により、迅速、簡単に施行可能しうる。Valsalva 洞の解剖に関する正確な知識、その解剖へのカテーテルの適用が何よりも重要である。大動脈起始部の解剖は変異があることから、曲率が大、中、小のカテーテルを用意する必要がある。左右の冠動脈カテーテルは、冠動脈口の予期しない閉塞、偶発的な逸脱、前進が最小限となるように成型する。これにより、カテーテルは長時間にわたって固定され、シネ血管撮影に加えてバイプレーン撮影も施行できる。

カテーテルの様々な材質を評価したところ、塑性記憶性はポリエチレンが最も優れ、ポリウレタンも良好である。テフロン、ダクロンメッシュの塑性記憶性は不良で、経大腿動脈カテーテル法には不適である。

カテーテルのトルク伝達性は、ダクロンメッシュ (Positrol, Ducor 社) が、通常の押し出し成型カテーテル、特にポリエチレンに比べてはるかに優れている。

選択的冠動脈造影は、ひとたび習得すれば、カテーテル法、基本的な心電図学のトレーニングを受けた放射線科医が容易に施行できる。ある程度練習を積み、ほぼ 100% の成功率が得られる。

【参考文献】

1. SONES, F. M., JR., AND SHIREY, E. K.: Cine Coronary Arteriography. Mod. Concepts Cardiovas. Dis. 31: 735-738, July 1962.
2. WILSON, W. J., LEE, G. B., AND AMPLATZ, K.: Biplane Selective Coronary Arteriography via Percutaneous Transfemoral Approach. Am. J. Roentgenol. 100: 332-340, June 1967.