

選択的冠動脈造影法－1. 経皮的経大腿動脈法

Selective coronary arteriography. Part I. A percutaneous transfemoral technic[†]

Judkins MP^{*1}. Radiology 89:815-24, 1967

今まで、冠動脈病変の患者を冠動脈造影という「さらなるリスク」に曝すことは躊躇されてきた。しかし、冠動脈造影のリスクは通常の選択的心臓血管造影と同程度であり、冠動脈造影により病変の有無と程度を正確に知ることができ、さらに冠動脈閉塞性病変に何らかの治療を施せるという認識から、より詳細な冠動脈検査への需要が高まりつつある。

数多くの冠動脈造影法が報告されている[2, 4, 5, 8-11]。全般にヨーロッパでは大動脈起始部での造影が好まれ、アメリカではより選択的な方法が行なわれる傾向がある。

ここに報告する新しい方法は、最小限のカテーテル操作で、確実、迅速に両側冠動脈にカテーテルを挿入することができるもので、容易、迅速な経皮的経大腿動脈アプローチで、直接連続撮影、シネ撮影が可能で、レジデント、スタッフ、実地の血管造影医も容易に習得できる方法である。

対象

21歳から69歳まで、冠動脈疾患が疑われる100名の連続症例を検査した。いずれの症例も、大腿動脈から両側冠動脈に選択的にカテーテルを挿入し、造影剤を注入して直接連続撮影およびシネ透視を行なった。1/3以上の例は、外来検査として施行した。

方法

まず、2m本の100cm 8F Ducor カテーテル^{*2}[12]を、事前にプリシェープしたステンレス製ワイヤにかぶせて成型した。熱湯の中で約2分加熱することにより、本来の形状が失われて新しい形状となる。

このDucor カテーテル(ポリウレタン製、ステンレスワイヤメッシュ入り)を以下のように改変した。(a)内膜損傷を最小限とするため、先端を通常の「鉛筆型」から「弾丸型」にした。(b)冠動脈へのウェッジを避けるため、先端の2cmを5.5F(1.8mm)に細くした。(c)

[†] 訳注：Part 1 とあるが続稿はみあたらない

^{*1} オレゴン大学放射線科 (Charles T. Dotter 教授) Stella and Charles Guttman 血管研究所

^{*2} Ducor は Cordis 社 (125 N. E. 40th St., Miami, Fla.) の商品名。

^{*3} 研究コンサルタント, Medical-Surgical Equipment (4207 University Drive, Coral Gables, Fla.)

^{*4} 76% メグルミンジアトリゾ酸, E. R. Squibb and Sons 社 (New York).

^{*5} セーフティガイドワイヤ(safety guides), セーフティJガイド(safety J-guide)は Cook 社 (Bloomington, Ind) の商品名。

先端での血栓形成を防ぎ、圧測定を正確にするため、側孔を廃止した。Robert Stevens 氏^{*3}の支援の下に開発したこの改良カテーテルを、図1に示す変形ワイヤにかぶせて右冠動脈用および左冠動脈用にプリシェープした(図2)。

左冠動脈：大腿動脈からカテーテルを下行胸部大動脈に進める。スプリングガイドワイヤを除去し、大動脈弓で自由な状態とする(図3A)。患者をRPO20°として、カテーテル先端を上行大動脈左壁に沿ってValsalva洞内の冠動脈口に落ちこむまで進める(図3B, C)。

76% Renografin^{*4} 6~9ccを約3cc/秒で選択的に用手注入し、左側面像、LAO70°, RAO15°を撮影する(図4, 6)。60フレーム/秒のシネ撮影、および高速連続撮影(4枚/秒×2秒, 1m枚/秒×2秒)を行なう。幾何学的歪みを低減し、造影剤の重なりによる誤読を避けるために、連続撮影は水平方向のX線で撮影する。

右冠動脈：この場合も患者をRPO20°とし、右冠動脈カテーテルを、左Valsalva洞のやや上方まで進める。ここで、カテーテルをゆっくりと時計方向に、先端が右冠動脈口に落ちこむまで約180°回転する(図5)。造影剤6~9ccを注入し、側面像、LAO70°, RAO20°を撮影する(図4, 6)。

フックテール型カテーテル[1]による心室造影を多方向から撮影し、透視下に心筋収縮能、心室瘤を評価する。

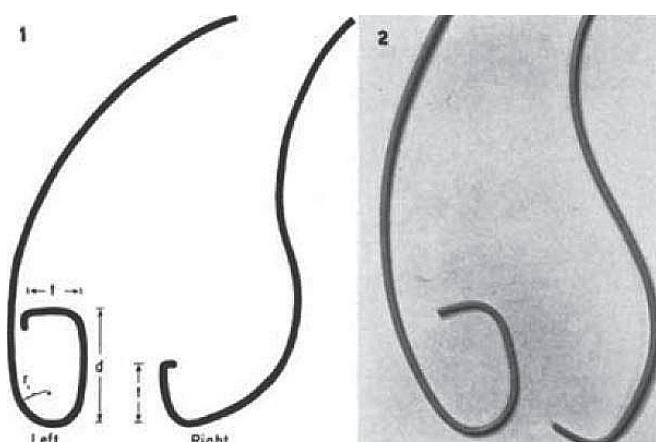


図1(左)。カテーテル成型ワイヤ。成型ワイヤ(0.038インチ、ステンレス製スプリングワイヤ)を上のように曲げる。左冠動脈用: d=4cm(中), 5.0cm(大), 3.5cm(小)。t=2cm, r=1.1cm. 1次カーブは90°, 2次カーブは80°, 3次カーブの経は約10cm。右冠動脈用: t=1.5cm(中), 1.0cm(小, 大)。2次カーブは135°, 径5~6cm(小, 中)あるいは10~12cm(大)。

図2(右)。左および右冠動脈用カテーテル。先端は5.5F, 内径0.041インチ。本体は8F, 内径0.056インチ。壁に12本のステンレスワイヤが織り込まれており、良好なトルクコントロールが得られる。

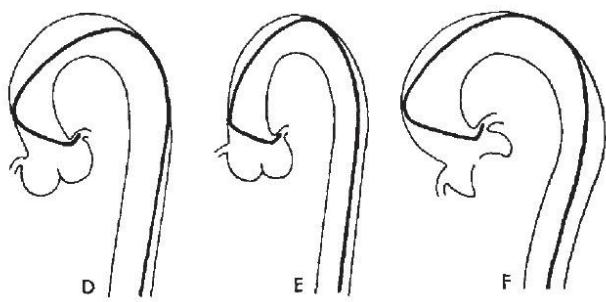
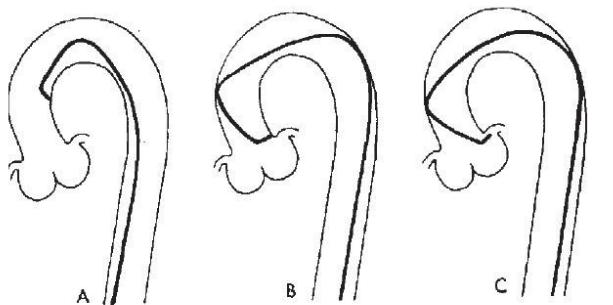


図3. 左冠動脈カテーテル挿入法. カテーテルを下行大動脈近位まで進めてガイドワイヤを抜去する. A: カテーテルを大動脈弓内で自由な状態として、フラッシュして、患者を RPO20°に回転する. B: カテーテルをゆっくりと進め、C: 冠動脈口に落とし込む. 2次カーブによる弾力で先端が冠動脈口内に保持される. D, E, F: D(中等度の大動脈), E(細い大動脈), F(太い大動脈あるいは狭窄後拡張), それぞれ場合のカテーテルの位置とアームの長さを示す.

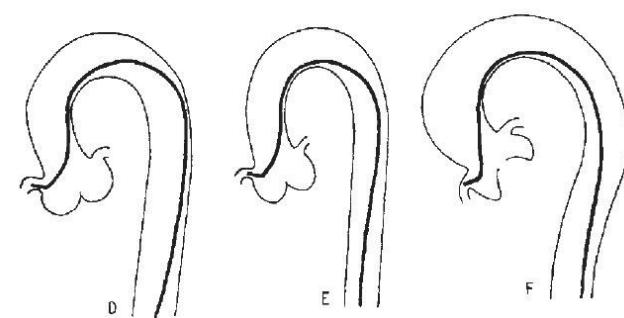
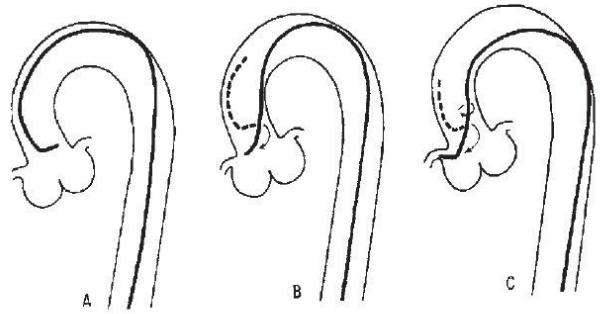


図5. 右冠動脈カテーテル挿入法. A: カテーテルを左冠動脈口の2-3cm上方まで進め、B: 先端をゆっくりと180°回転して、C: 右冠動脈口に落とし込む. 大動脈弓の弯曲のため、回転するとカテーテル上行大動脈内で下行する. 1回目で冠動脈口に挿入できない場合は、回転する高さを調節する(カテーテル端がValsalva洞内に深く下行した場合はもう少し上方で、カテーテル端がValsalva洞縁よりも上方にある場合はもう少し下方で回転する). D, E, F: D(中等度の大動脈), E(細い大動脈), F(太い大動脈), それぞれの場合のカテーテルの位置と形状を示す. 太い大動脈では、1次カーブは約70°に減少し、2次カーブは伸展している.

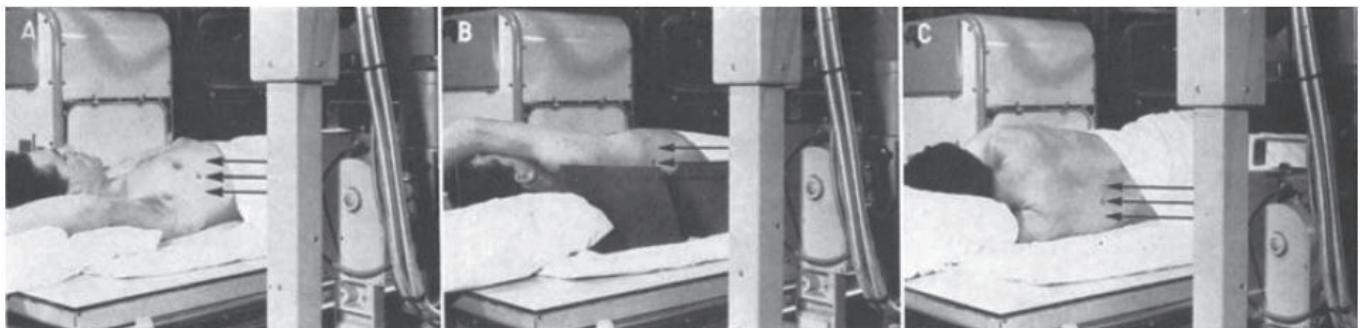


図4.撮影体位. (A)側面像, (B)LAO70°, (C)RAO20°(側面にあるフィルムチェンジャーに対して). すべて1方向、水平方向X線で撮影. 100mA, 0.010s(10mAs). 80-95kV, 距離38インチ, 高速増感紙使用. Kodak Royal Blue フィルム, グリッド12:1 100line, 1mm焦点Dynamax 61 X線管.

技術的コメント

本法は、最適な形状にプリシェープしたカテーテルを使用して、簡単、迅速に、最小限の操作で選択的冠動脈カテーテル挿入を行なう方法である。カテーテルには、所定の位置を維持するために必要な「反跳力」(spring)を持たせるため、過弯曲させる。その形状を維持するために、カテーテル端による不必要的損傷を避けなければならない。穿刺針に通すスプリングガイドワイヤを大動脈分岐まで進めたところで穿刺針は抜去する。閉塞がある場合は、セーフティJ-ガイドに替える^[6]⁵。J-ガイドでもが腸骨動脈を超えない場合は断念する。ガイドワイヤと穿刺針が無駄になるだけで

ある。同側からさらにカテーテル挿入を試みても、合併症が増加したり、カテーテルが強く変形してコントロール不能となるだけである。

ガイドワイヤを大動脈分岐部まで進めたら、短い(6インチ)7F テーパー付きテフロンチューブをガイドワイヤにかぶせる。これにより穿刺部の軟部と穿刺孔が拡張し、プリシェープした冠動脈カテーテル挿入時に押したり回したりする必要がなくなる。テフロンチューブは役目を終えたところで抜去し、冠動脈カテーテルに替えてカテーテルを大動脈弓まで進め、ガイドワイヤを抜去してカテーテルをプリシェープの形に戻す。

左冠動脈カテーテルは、比較的弯曲が強いのでガイドワイヤの抜去が難しい。強く引くとほとんどのガイドワイヤはほつれてしまう。通常の剛性ワイヤに加えて

*5 セーフティガイドワイヤ(safety guides), セーフティJガイド(safety J-guide)はCook社(Bloomington, Ind)の商品名。

両端に小径の「セーフティ」ワイヤが半田付けされているセーフティガイド [3] は、このようなプリシェープカテーテルと併用してもほつれない。非標準 0.038 インチのガイドワイヤを使うと、挿入、抜去時に、十分な剛性を持たせることができる。0.035 インチガイドワイヤは不十分である。

冠動脈あるいは他の大動脈分枝の選択的カテーテル挿入には、適切な形状と、大動脈径よりもやや大きな弯曲径が必要である。左冠動脈カテーテルの「アーム」(1 次カーブと 2 次カーブの中間部) の長さの重要性は比較的小さい。しかしこれが短すぎると、カテーテルが折り返ってしまう。長すぎるとアームが大動脈内で垂直になり Valsalva 洞縁に引っかかり、さらに洞内の高位、深部にある冠動脈口に到達しない。大動脈径は、患者の体格、年齢、弁膜症の有無、X 線写真の大動脈陰影から推測される。図 3D～F に 3 つのサイズのカテーテルを示す。中等度のカテーテルは、85～90% の成人患者に適合し、大動脈弁疾患、動脈瘤がない場合はほぼ 100% である。

右冠動脈カテーテルの形状は、大動脈径によって異なる。細い垂直な大動脈では、先端を短く、2 次カーブを浅くする。先端が長過ぎたり、2 次カーブが深すぎると、左洞内にはまり込み、回転するときに巻き上がり回転してしまいコントロールできなくなる。太い大動脈では、1 次カーブの角度を約 70° に減らすか、2 次カーブを浅くするか、あるいはその両者とする(図 5F)。操作の結果あるいはサイズが不適当なためにカテーテルが変形した場合は、速やかに抜去して新しい適切なカテーテルに替えるべきである。

灌流圧低下 (damping) がおこらないように圧を慎重にモニターする。灌流圧低下、あるいはテスト造影で造影剤流出遅延がある場合は、カテーテルを戻して再挿入する。症例によっては冠動脈口が小さい、あるいは狭いために、何度もカテーテルがウェッジすることがある。このような場合は、カテーテルをいったん戻し、撮影の準備ができてから再挿入し、手早く造影剤を注入し、撮影中にカテーテルを戻す。

不整脈を防ぐために、造影剤の選択は重要である。当科では冠動脈造影には、専ら 76% メグルミンジアトリゾ酸^{*4} を使用しており、本法あるいは以前の撮影法をふくめ 3,000 回以上注入して、一過性徐脈以外の不整脈は経験していない。各造影に際して、予測可能な心電図変化が認められる [13]。

僧帽弁あるいは大動脈弁疾患が疑われる例では、多くの場合、右冠動脈用カテーテルは大動脈弁を通過し、患者を LPO にすると僧帽弁を通過する。冠動脈カーテ

ルから左房あるいは左室に造影剤を注入することは推奨されないが、圧波形を得ることはできる。専用の経皮経大腿動脈的逆行性左房カテーテルについては別稿に述べる。

選択的撮影で得られる詳細な画像の記録には、最高品位の X 線写真が必要である。動きによるボケ、散乱線によるカブリには特に注意が必要である。

考察

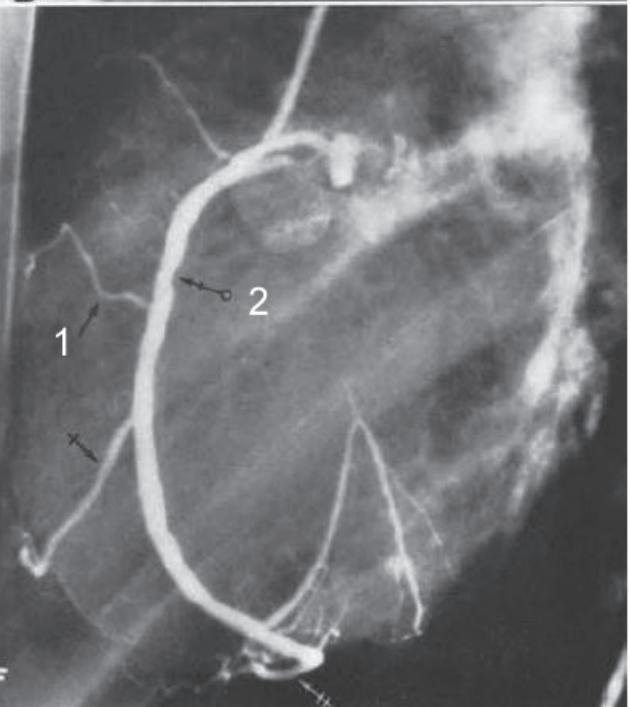
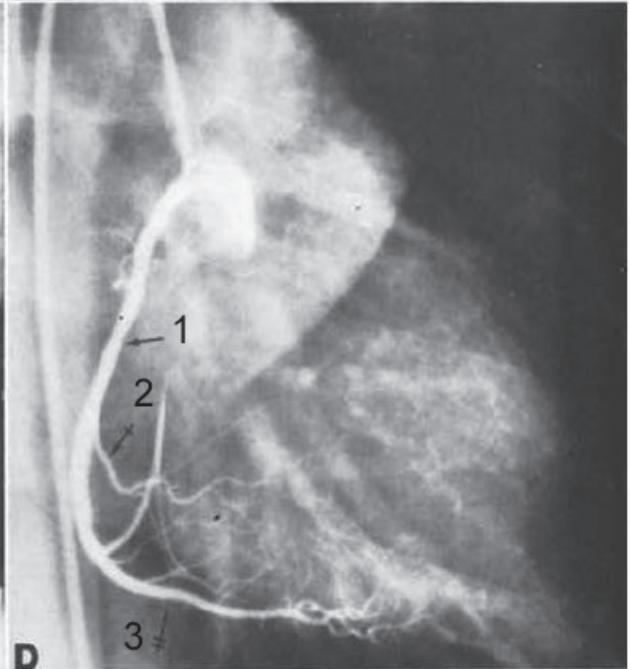
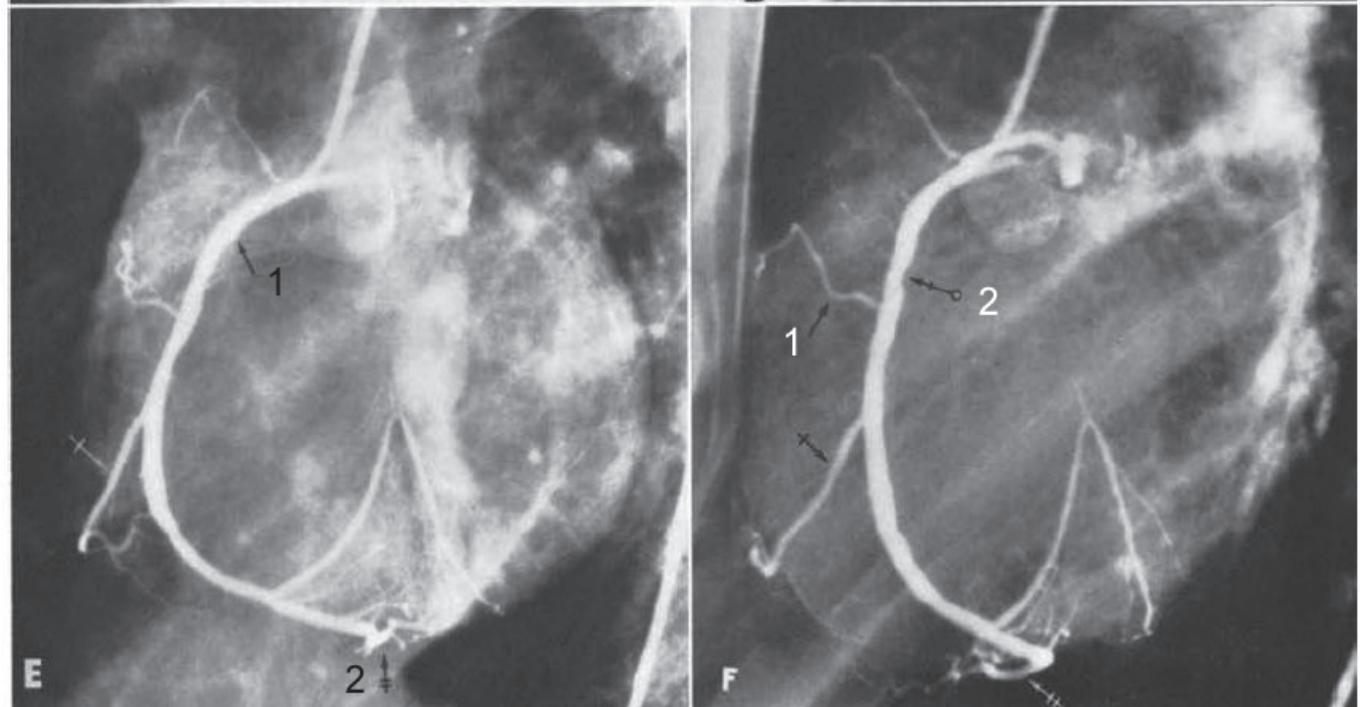
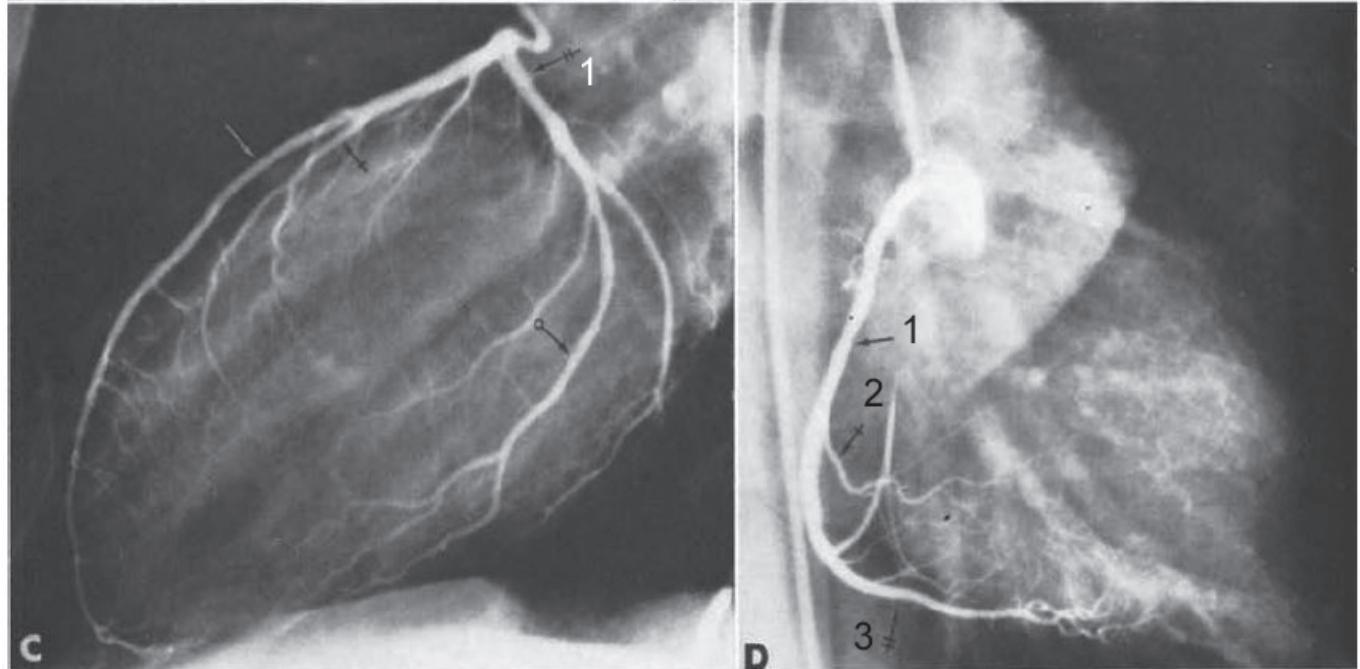
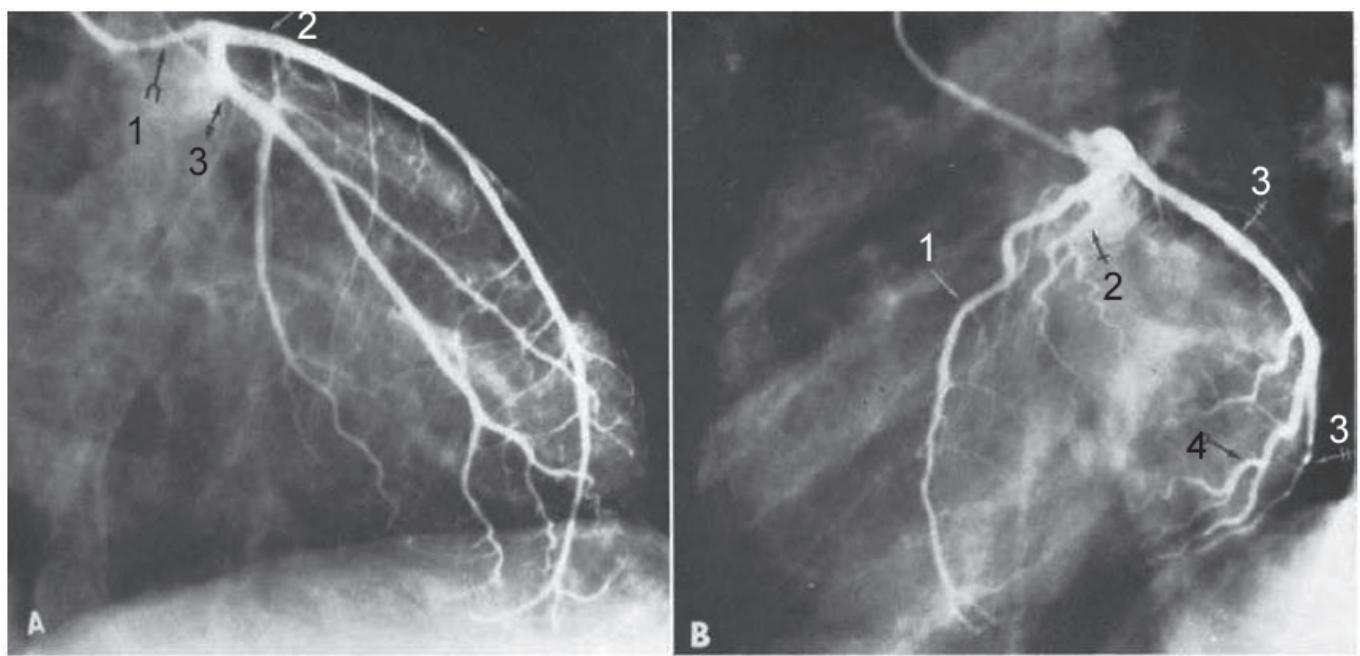
これまで、経大腿動脈的冠動脈造影は、不確実で時間のかかる検査であった。大動脈弓の弯曲のために上行大動脈内でのカテーテル操作が難しく、100cm も離れた冠動脈口は到達しがたいターゲットであった。数々のカテーテル先端のコントロール器具や、能動的コントロールカテーテル (positive control catheter)[†] が開発されてきたが、いずれも大動脈弓の心臓側ではコントロール不能であった。Ducor カテーテルも例外ではなかったが、冠動脈用の先端形状と能動性の組合せにより、冠動脈のカテーテル挿入は驚異的に確実、容易となった。高品質の選択的冠動脈造影像が常に得られる(図 8, 9)。失敗はなく、冠動脈に挿入できず Valsalva 洞内で造影する必要もない。通常の成型カテーテル材質も使用できるが、能動的コントロールカテーテルのような操作性、制御性は得られない。

この方法により、血管造影医が選択的冠動脈検査を行なうことができ、原理は選択的腹部血管造影と同じである。柔らかい成型用材質のカテーテルを、所定の解剖学的構造にプリシェープする。カテーテルを変形するために大動脈弁を使用することはない。カテーテルを冠動脈口にひとたび定置すれば、抜去するまで移動することはない。圧測定で灌流圧低下がなく、テスト造影剤が速やかに消失する限りは、カテーテルをその位置に置いて、異なる方向から何回でも造影可能である。この方法により、フィルムへの直接連続撮影が可能である。

シネ透視法と直接連続撮影法は相補的な方法であり、いずれも他に代え難いものであり、それぞれ評価する必要がある。シネ検査は、冠動脈瘤を動的に観察できるが、増倍管の解像度によって解剖学的詳細には制約がある。しかし初心者は、動画を目にするすべてが見えるように錯覚するものである。直接連続撮影は、解剖学的情報については比類なく(図 8～10)，経験を積んだ読影者は動的情報も得られる。この解剖学的情報は、冠動脈外科の進歩には必須のものである。脳、脾、腎の検査と同じく、冠動脈造影をシネ透視だけに限る理由はない。

選択的冠動脈造影は、技術的には簡単であるが、未経験者が不十分な設備の下で行なうべきではない。

[†] 訳注: Positive control catheter: 具体的な説明はないが、カテーテル壁に金属メッシュを編み込むなどしてトルク性を高めたカテーテルを指すものと思われる。



F

図 6. 選択的左冠動脈、右冠動脈造影の連続フィルム、3 方向で撮影 (RAO20°, LAO70°, 側面像). タマゴ状の構造の表面に散開する冠動脈枝を完全に評価するには、複数方向からの撮影が必須である。この 3 方向によって、冠動脈枝の全体像がわかる。

- 左冠動脈、RAO. 起始部 (\rightarrow 1), 前下行枝近位部 (\rightarrow 2), 回旋枝遠位 (\rightarrow 3) が明瞭に認められる。
- 左冠動脈、LAO. 心尖部を覗き込む方向。4 本の左冠動脈枝 (前下行枝 (\rightarrow 1), その主要枝である対角枝 (\rightarrow 2), 回旋枝 (\rightarrow 3), その鈍縁枝 (\rightarrow 4)) が見える。中隔は正面方向 (on end) に見え、左冠動脈主幹部は短縮してみえる。
- 左冠動脈、側面像。回旋枝の近位部 (\rightarrow 1) が側面像 (in profile) として見える。両者の末梢枝の前後関係が明瞭である。
- 右冠動脈、RAO. 右冠動脈主幹部に中央部 (\rightarrow 1), その鋭角枝 (\rightarrow 2), 後下行枝 (\rightarrow 3) が側面像として (in profile) 見える。
- 右冠動脈、LAO. 右冠動脈主幹部 (\rightarrow 1) が良好に描出されている。この方向では、正面方向 (on end) に見える後下行枝 (\rightarrow 2) を除く十字部 (crux) とその近傍の枝が明瞭に認められる。LAO 撮影では、房室溝の血管輪が最も良く見える。右冠動脈主幹部、その後枝、左冠動脈の回旋枝が完全な円を描く。
- 右冠動脈、側面像。右室枝の近位部 (\rightarrow 1) および右冠動脈の前後関係が分かる。右冠動脈近位の小さなアテローマ (\rightarrow 2) は、RAO では描出されていない。

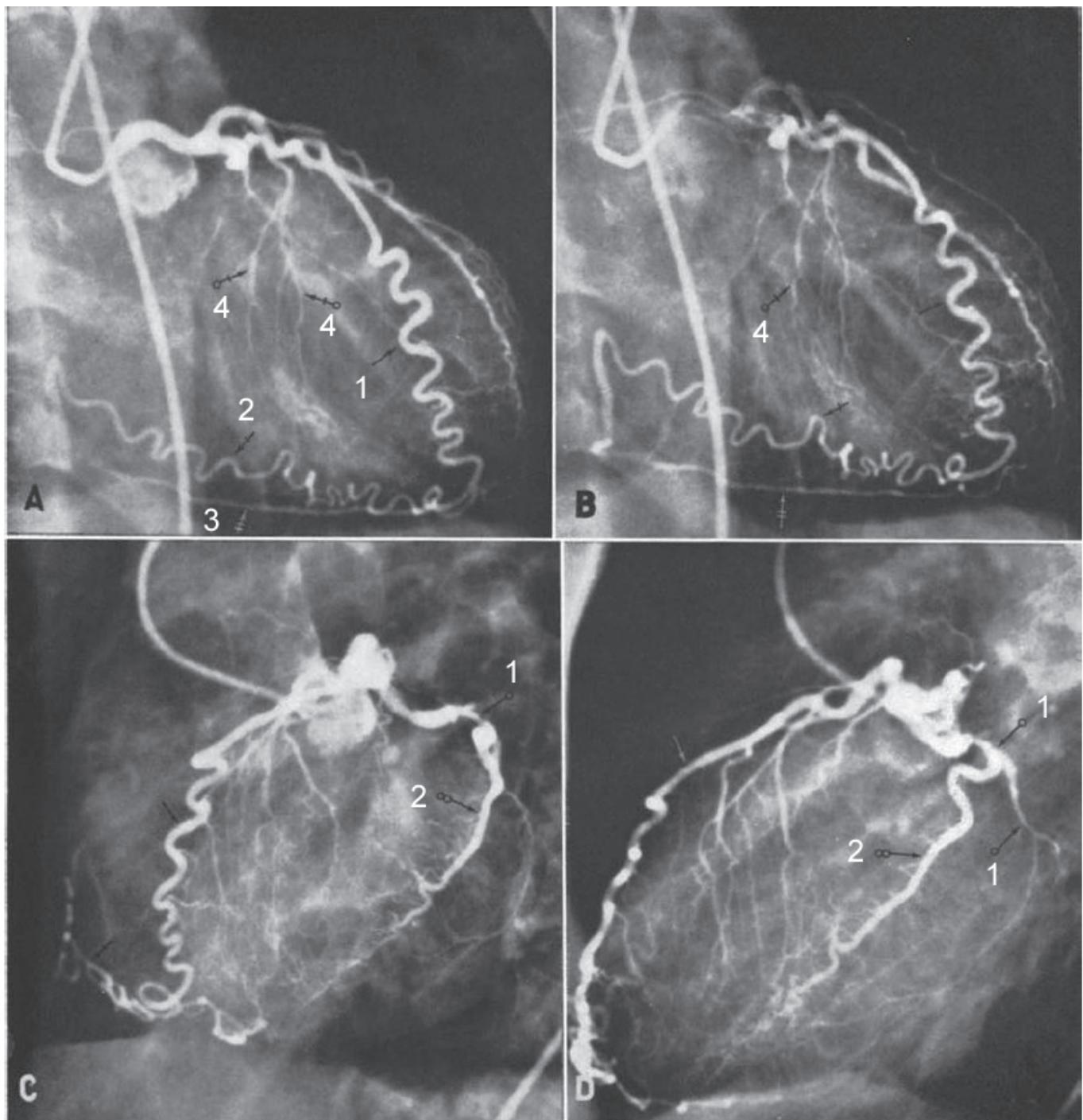


図 7. 選択的左冠動脈造影。

- RAO, 初期相。蛇行している前下行枝 (\rightarrow 1)、鋭角枝 (\rightarrow 2) および後下行枝 (\rightarrow 3) が側副路を介して造影される。中隔枝 (\rightarrow 4)。
- RAO, 後期相。右冠動脈遠位が、逆行性に完全に造影されている。右冠動脈主幹部は、鋭角枝起始部付近で閉塞している。中隔枝 (\rightarrow 4)。
- LAO および側面像。太い中隔枝が右冠動脈遠位の乏血管部に及んでいる。いずれの写真でも、回旋枝 (\rightarrow 1) には、その鈍縁枝 (\rightarrow 2) の近位に高度狭窄が認められる。この狭窄血管が閉塞したら、回旋枝遠位への十分な側副血行路が得られるとは考えにくい。

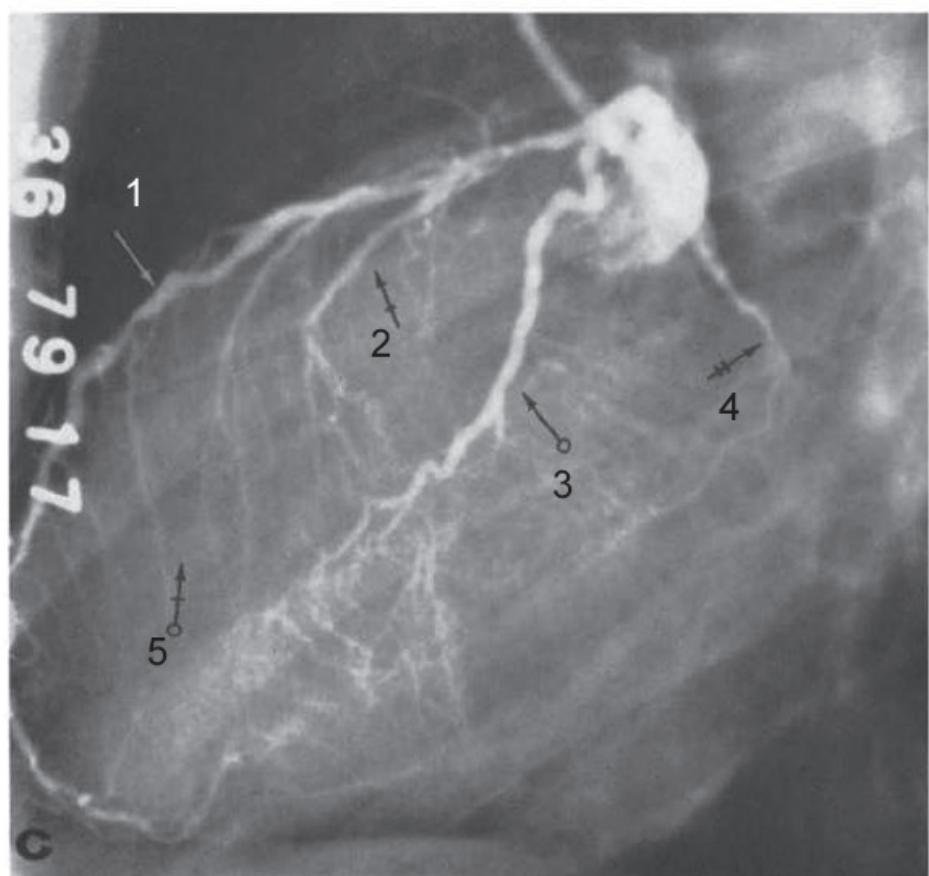
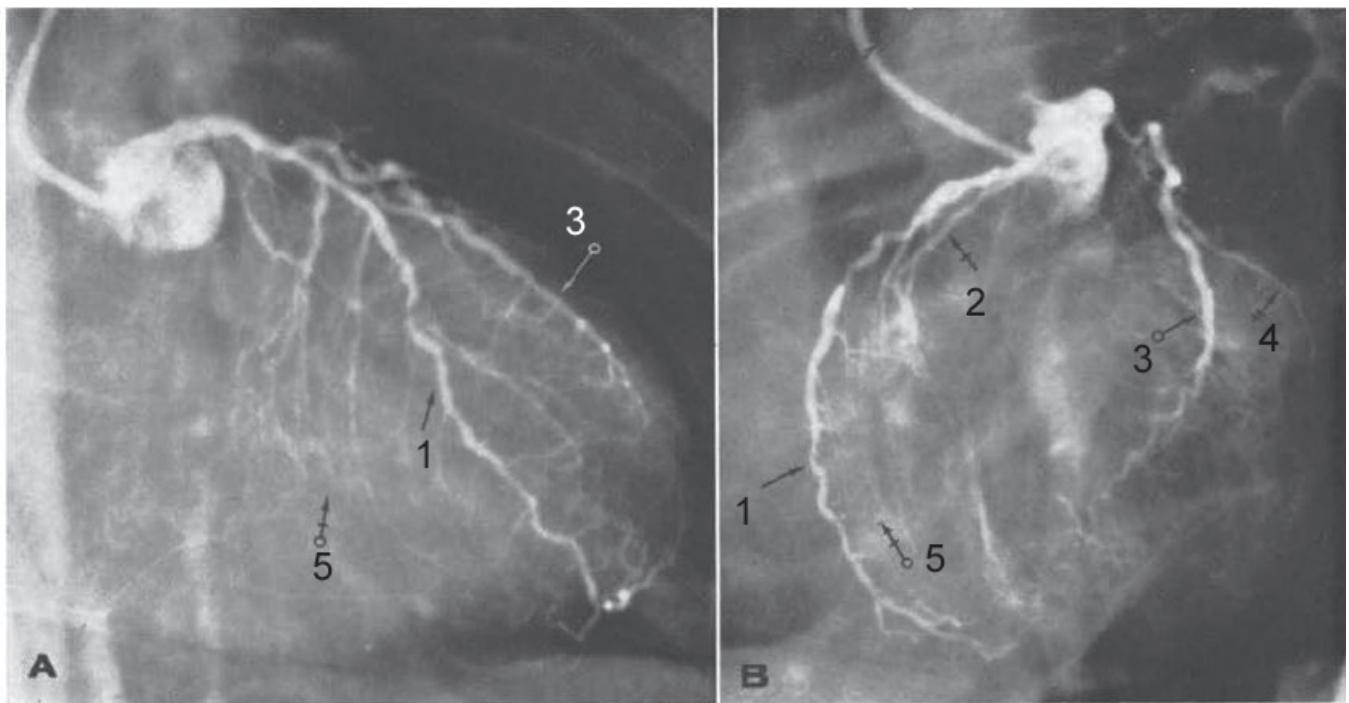


図8. 選択的左冠動脈造影. 左冠動脈枝全体に、びまん性の動脈硬化性狭窄が認められる. 多くの細枝が側副路を形成している. 前下行枝(→1), 対角枝(→2), 鈍縁枝(→3), 回旋枝(→4), 中隔枝(→5). 右冠動脈は閉塞.

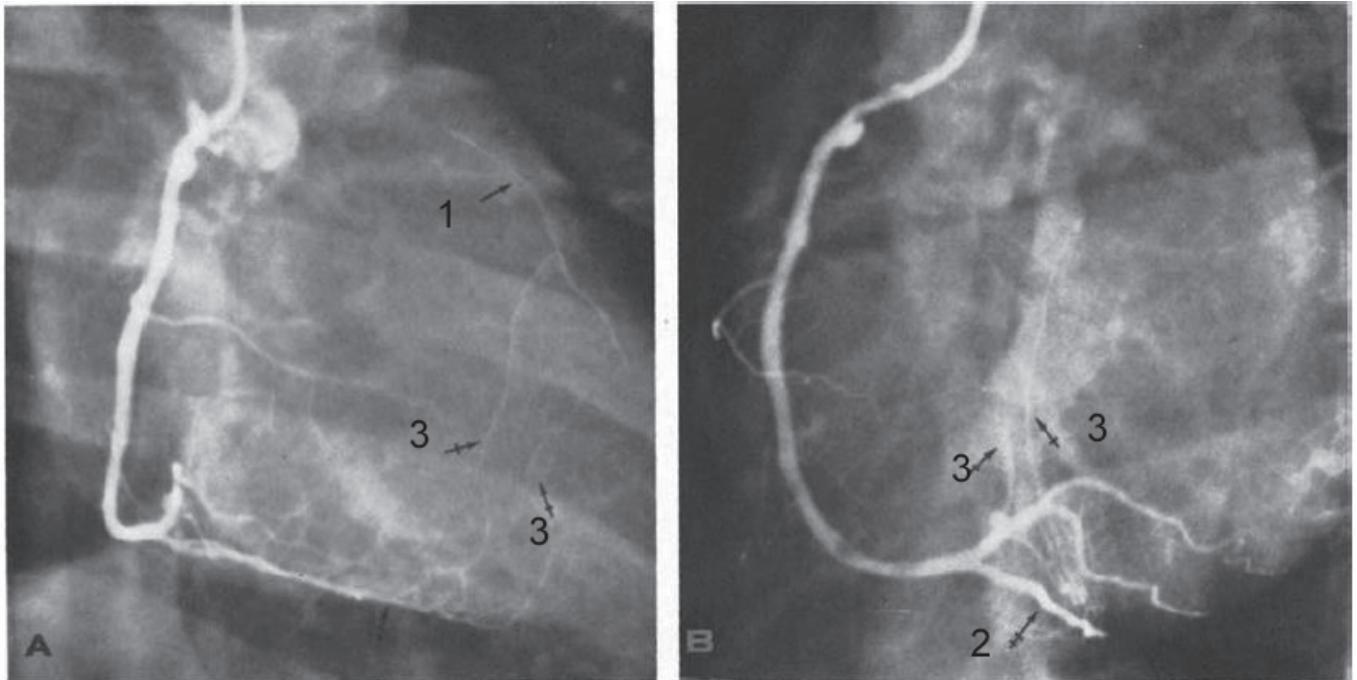


図9.選択的右冠動脈造影。RAO, LAO, 側面像。左冠動脈下行枝の遠位部(→1)が、右冠動脈後下行枝(→2)の中隔側副枝(→3)を介して造影される。右冠動脈主幹部近位に、小さな動脈硬化性動脈瘤が見える。

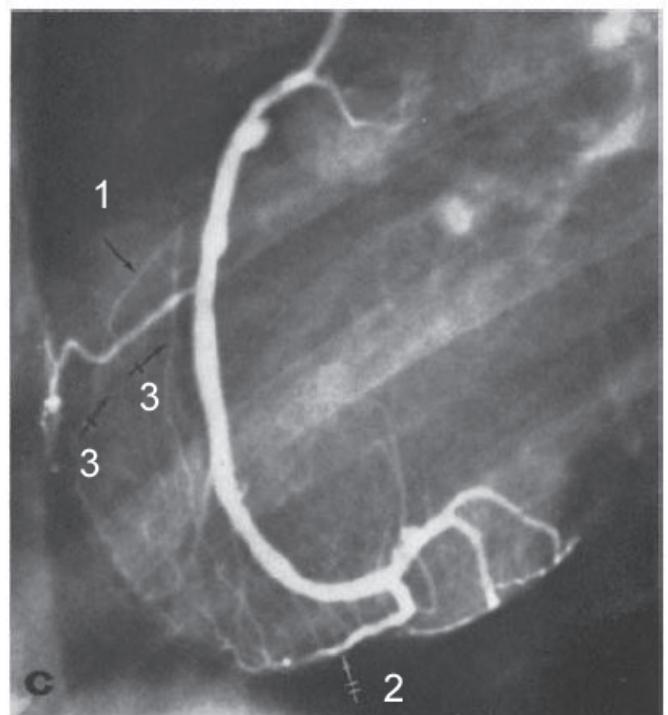
要旨

レジデント、スタッフ、実地の血管造影医にも容易に習得できる新しい経皮的経大腿動脈的選択的冠動脈造影法を開発した。冠動脈専用の先端形状をもつ成型能動的コントロールカテーテルを使用することにより、迅速、確実な冠動脈カテーテル挿入が可能である。特別なコントロール装置や器材は不要である。カテーテルを適切に定置すれば、複数の方向で解剖学的、動的撮影が可能である。上腕動脈のカットダウンや経皮的腋窩アプローチに伴う合併症とは無縁である。

100名の患者を検査し、いずれも両側冠動脈の選択的カテーテル挿入に成功し、通常の連続X線撮影およびシネ透視画像を撮影した。

追補

本稿を準備して以降、さらに200例の検査を行ない、本稿記載と同様の結果を得た。経験を通じて、カテーテルのサイズが標準化してきた。左冠動脈用カテーテルは現在のところ、先端中心から2次カーブまでの距離を4cm, 5cm, 6cmとしている(図1)。これをサイ



ズNo.4, No.5, No.6と名づけ、No.4が標準である。高齢者の進展した大動脈、慢性高血圧や中膜疾患により拡張した大動脈では、No.5が最も有用である。No.6は、通常狭窄後拡張がある大動脈で使用する。標準的な右冠動脈用カテーテル(図1, 2)は、先端長1.2cmで、ほぼ全例に使えるが、Valsalva洞の変形が著しい場合は、より長いものが良い。我々は現在、テフロン加工のセーフティガイドを使用している。その使用法については、後続の技術ノートに記載する予定である。

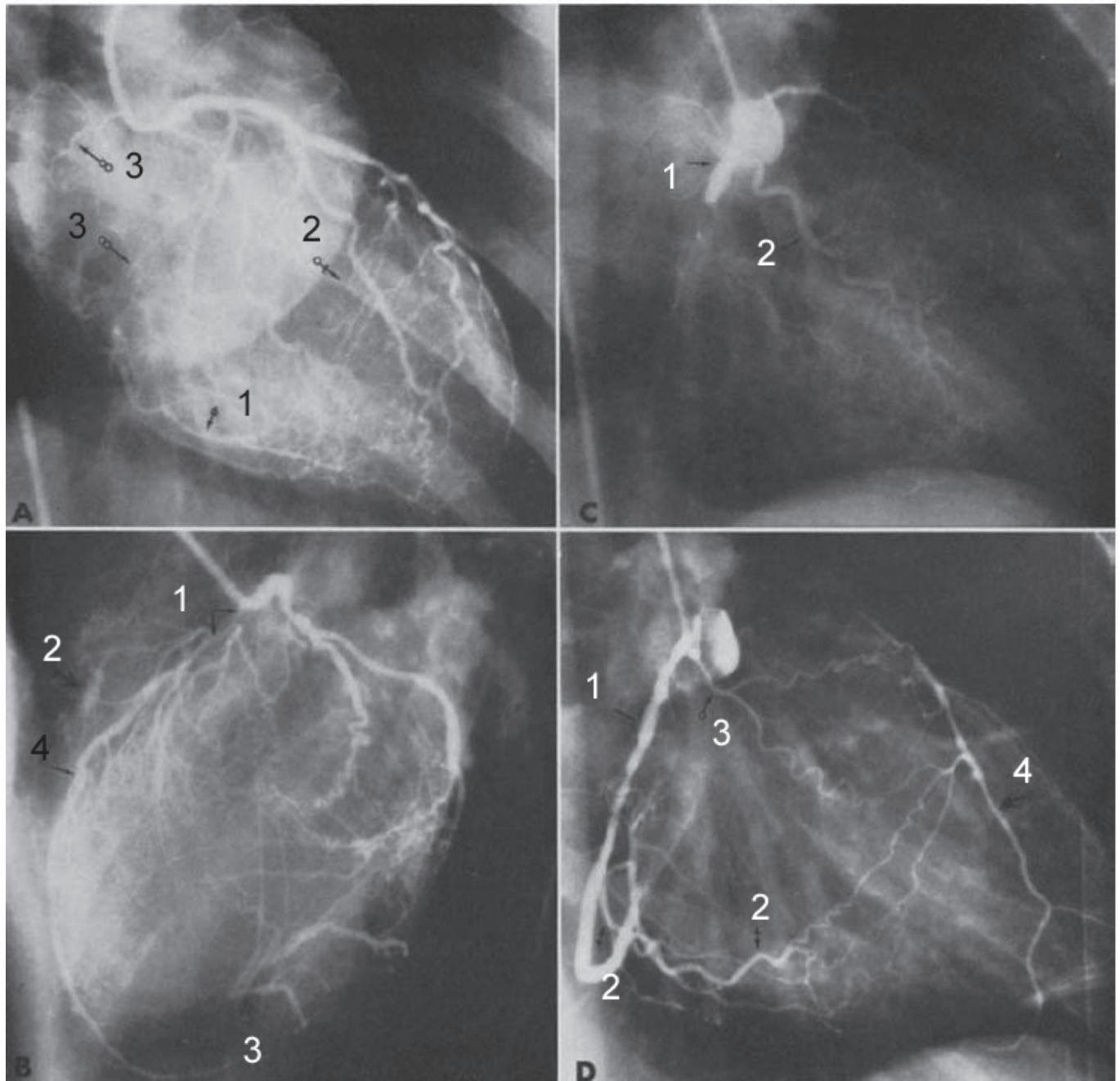


図 10. 異なる 4 症例. いずれも閉塞した近位冠動脈への側副血行路を示す.

A. 左冠動脈造影, RAO. 後下行枝 (→ 1) を介して右冠動脈遠位への豊富な中隔側副血行路 (→ 2) が認められる. 心房枝も側副血行路に寄与している (→ 3).

B. 左冠動脈造影, 側面像. 心電図所見は不明瞭であったが, この画像によって 2 回の心筋梗塞の既往をほぼ説明しうる. 左冠動脈前下行枝は, 起始部近傍でほとんど閉塞している (→ 1). 右冠動脈は近位部で閉塞しているが, 遠位部 1cm が左冠動脈円錐枝を介して開存している (→ 2). これから, 回旋枝を介して造影される後下行枝 (→ 3) により造影される十字部までは閉塞している. 連続フィルムでは, 前下行枝 (→ 4) が多数の側副血行路を介して造影されている.

C. 右冠動脈造影, RAO. 右冠動脈 (→ 1) は, 右室枝起始部 (→ 2) で閉塞している. 閉塞した左冠動脈の右室灌流域には, 側副血行路が及んでいる. 患者は 38 歳女性, 4 児の母 (末子は 2 歳) で, 3 枝病変であった (回旋枝も高度狭窄).

D. 右冠動脈, RAO. 右冠動脈主幹部 (→ 1) には, 複数の狭窄がある. 鋸角枝 (→ 2) と円錐枝 (→ 3) は, 右室前壁に側副血行網を形成して, 左下行枝が描出されている (→ 4).

【参考文献】

1. BOIJSEN, E., AND JUDKINS, M. P.: A Hook-Tail "Closed-end" Catheter for Percutaneous Selective Cardioangiography. *Radiology* **87**: 872-877, November 1966.
2. DOTTER, C. T., AND FRISCHÉ, L. H.: Visualization of the Coronary Circulation by Occlusion Aortography: A Practical Method. *Radiology* **71**: 502-523, October 1958.
3. DOTTER, C. T., JUDKINS, M. P., AND FRISCHÉ, L. H.: Safety GuideSpring for Percutaneous Cardiovascular Catheterization. *Am. J. Roentgenol.* **98**: 957-960, December 1966.
4. GENSINI, G. G.: Coronary Angiography. *Progr. in Cardiovas. Dis.* **6**: 155-188, September 1963.
5. HETTLER, M. G.: Die semiselektive, bilaterale Koronarographie: Eine neue klinische Untersuchungsmethode der Herzkrankarterien. *Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstrahlen* **103**: 249-261, September 1965.
6. JUDKINS, M. P., KIDD, H. J., FRISCHÉ, L. H., AND DOTTER, C. T.: Lumen-Following Safety J-Guide for Catheterization of Tortuous Vessels. *Radiology* **88**: 1127-1130, June 1967.
7. LOWMAN, R. M., AND BLOOR, C. M.: Experimental Coronary Arteriography. III. Injuries Associated with Selective Coronary Arteriography. *Radiology* **85**: 645-650, October 1965.
8. NORDENSTRÖM, B., OVENFORS, C.-O., AND TÖRNELL, G.: Coronary Angiography in 100 Cases of Ischemic Heart Disease. *Radiology* **78**: 714-724, May 1962.
9. PAULIN, S.: Coronary Angiography: A Technical, Anatomic and Clinical Study. *Acta radiol., suppl.* **233**, 1964.
10. RICKETTS, H. J., AND ABRAMS, H. L.: Percutaneous Selective Coronary Cine Arteriography. *J.A.M.A.* **181**: 620-624, August 1962.
11. SONES, F. M., JR., AND SHIREY, E. K.: Cine Coronary Arteriography. *Mod. Concepts Cardiovas. Dis.* **31**: 735-738, July 1962.
12. VIAMONTE, M., JR., AND STEVENS, R. C.: Guided Angiography. *Am. J. Roentgenol.* **94**: 30-39, May 1965.
13. WEIDNER, W., MACALPIN, R., HANAFEE, W., AND KATTUS, A.: Percutaneous Transaxillary Selective Coronary Angiography. *Radiology* **85**: 652-657, October 1965.