

冠側副血行の吻合様式と機能について：左前下行枝完全閉塞例での検討

Coronary collaterals in patients with total obstruction of the proximal left anterior descending artery: Their pathways and functional significance

西村 重敬
大島 茂
加藤 健一
代田 浩之
西山信一郎
中西 成元
近藤 邦夫
関 顕
山口 洋*

Shigeyuki NISHIMURA
Shigeru OHSHIMA
Kenichi KATO
Hiroyuki DAIDA
Shinichiro NISHIYAMA
Shigemoto NAKANISHI
Kunio KONDO
Akira SEKI
Hiroshi YAMAGUCHI*

Summary

The relationship of patterns of collateral pathways and the functions of collaterals in patients with proximal occlusion of the left anterior descending artery (LAD) was analyzed by coronary arteriography and left ventriculography.

Forty-seven patients with dominant right coronary artery (RCA) as anatomic variations had nearly the same filling areas from three major collateral pathways from the RCA to the LAD via conus branches, marginal branches, and septal perforator. The grades of collateral flows were classified as good, fair and poor according to the sizes and numbers of collateral channels, and the filling density of contrast in each collateral and three (basal, mid and apical) segments of the main trunk of the LAD. On left ventriculography in the right anterior oblique projection, the anterior wall was divided into five segments, and the regional ejection fraction in each segment was measured from end-diastolic and end-systolic areas.

Three main collateral pathways and connections to the LAD were observed from the RCA. Those

虎の門病院 循環器センター内科
東京都港区虎ノ門 2-2-2 (〒105)
*順天堂大学医学部 循環器内科

Division of Cardiology, Cardiovascular Center,
Toranomon Hospital, Toranomon 2-2-2, Minato-ku,
Tokyo 105

*Department of Cardiology, Juntendo University
School of Medicine, Tokyo 113

Received for publication April 6, 1985; accepted July 15, 1985 (Ref. No. 29-35)

were the conus branches to the basal-mid LAD, the marginal branches to the mid-apical LAD, and the posterior descending branches to the basal-mid LAD via the septal perforators.

Only seven patients showed normal contraction in all of the segments (Group I). In seven patients with normal contraction in the basal-mid segments and reduced contraction in the apical segment of the anterior wall, the main collateral pathways from the RCA to the LAD were the posterior descending branches via the septal perforators (Group II). In 10 patients with reduced contraction in the basal-mid segments and normal contraction in the apical segment of the anterior wall, the main collateral pathways from the RCA were the conus branches and/or the marginal branches to the LAD (Group III). In the other 23 patients with reduced contraction in entire segments (Group IV), the patterns of segmental contraction were similar to those of either Group II or Group III.

These findings indicate that in the majority of cases collateral circulation from the RCA did not preserve wall contraction in all segments perfused by the occluded LAD at rest, and suggest that various patterns of segmental contraction may be influenced by the dominancy of collateral pathways.

Key words

Ischemic heart disease
fraction

Left anterior descending artery

Coronary collateral

Regional ejection

はじめに

冠側副血行は冠状動脈の高度狭窄や閉塞病変に伴う代償機構で、虚血性心疾患の病態を修飾し、予後や治療方針に影響を与える。その機能的意義や病態生理などについては、多くの臨床的および実験的報告がある¹⁻⁶⁾。

一方、冠状動脈造影上、冠動脈の完全閉塞とその末梢側への側副血行を認める例で、側副血行灌流領域の局所壁運動が完全に保持されている例は少なく、安静時においても、部分的に種々の程度の *asynergy* のみられる例が多い。このような症例で、*asynergy* の観察される部位の異なる例があり、側副血行の機能と局所壁動態の関係を考える上で、興味ある事実と考えられる。

本研究では、動脈硬化性狭窄病変の頻発部位であり、臨床的に重要度が高い左前下行枝近位部病変例を対象として、側副血行灌流領域の局所壁動態と側副血行機能との関連を、その吻合様式に着目して検討を行った。

対象と方法

冠状動脈造影により、前下行枝近位部 (American Heart Association 分類⁷⁾ の分節 segment 6,

7) に重症な狭窄病変を認めた一枝病変例中、次の条件をみたす 47 例を対象とした。全例、側副血行の程度を同一条件で評価するために、順行性の血流のない完全閉塞例で、かつ狭窄病変部位が第 1 対角枝より近位部にあり、側副血行の灌流領域に差が少なく、さらにその donor artery としての右冠状動脈が dominant、かつ大きさにばらつきのない例のみである。側副血行が前下行枝の近位部から中隔枝を介する intracoronary collateral 例や、左回旋枝からの側副血行が主体をなす例は除外した。

左前下行枝への側副血行は、ニトログリセリン 0.3 mg 舌下投与後の右冠状動脈の造影所見から判定した。右冠状動脈からの側副血行は、認められる主要な経路に注目して、それぞれ ① conus branch, ② marginal branch および ③ posterior descending branch を donor artery とする 3 経路と、これらから逆行性に造影されてくる前下行枝本幹の base, middle および apex の 3 部位、計 6 部位について判定した。このさい、conus branch が右冠状動脈と異なる ostium からでてくる例は対象から除外した。

側副血行の程度は Hecht ら⁸⁾の方法を参考にして経路の数、径 (caliber) の太さ、造影の濃度

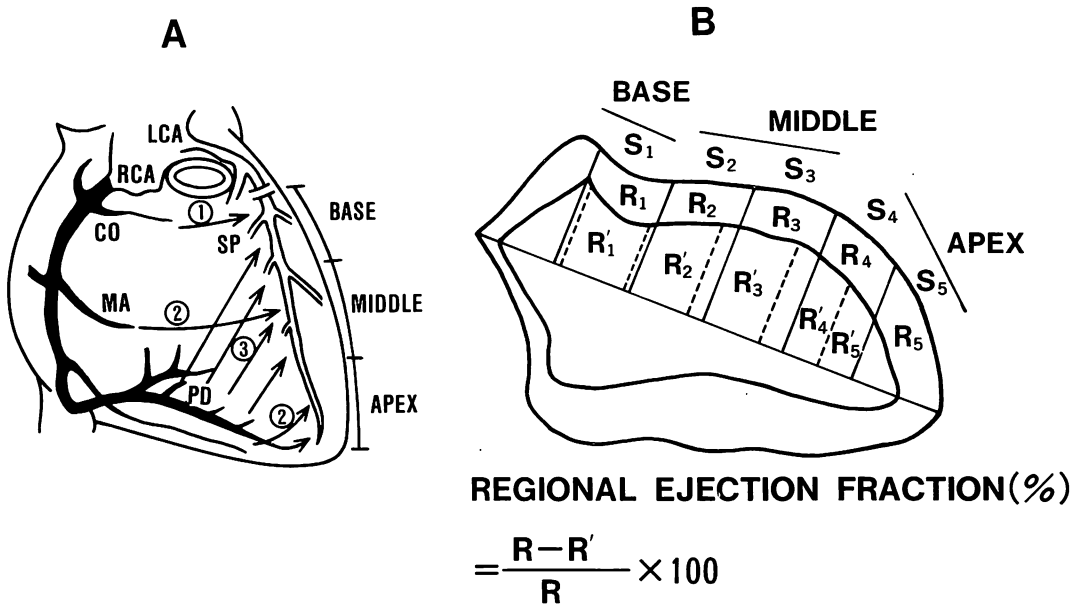


Fig. 1. Schemata of coronary circulation (A) and left ventriculogram (B) in the RAO projection.

A: Main collateral pathways from the RCA to the LAD observed on coronary arteriography are indicated by arrows.

B: Planimetric calculation of the regional ejection fraction of five regions (S_1 - S_5) of the left ventricular anterior wall divided by the equally-positioned five perpendiculars from the long axis.

RAO=right anterior oblique; RCA=right coronary artery; LAD=left anterior descending artery; CO=conus branch; MA=marginal branch; PD=posterior descending branch; SP=septal perforators.

(density) について, good, fair, および poor or absent の3段階に評価した (Fig. 2 参照). 左前下行枝も側副血行から造影されてくる濃度と速度から, 3段階に判定した. これらの評価は, 複数の検者の合議により行った.

側副血行の機能は, 第1斜位30度の左室造影から算出した, 局所駆出率で判定した. 左前下行枝灌流域の左室前壁を, Fig. 1B の如く, 心基部 S_1 から心尖部 S_5 まで5分割し, 各分節の拡張末期, 収縮末期の面積を planimeter で測定し, area method により局所駆出率を算出した⁹⁾. 左室造影は, 全例で狭心症発作や虚血性 ST-T 変化のない安定した血行動態時に施行した.

上記の方法により, 側副血行の程度を評価し,

左室前壁各分節が示す局所壁運動との対比を行った.

結 果

1. 側副血行の経路と程度の評価

以下に基準となる症例を示す.

Fig. 2A の例では, marginal branch (MA) からの側副血行は fair (1+), 左前下行枝 (LAD) の middle のみが good (2+) に造影されている. Fig. 2B の例では, 側副血行の主体は後下行枝からの septal perforator (SP) で good (2+), 左前下行枝も middle から apex にかけて good (2+) に造影されている. Fig. 2C の例では, 側副血行の主体は marginal branch で good (2+), 後下行

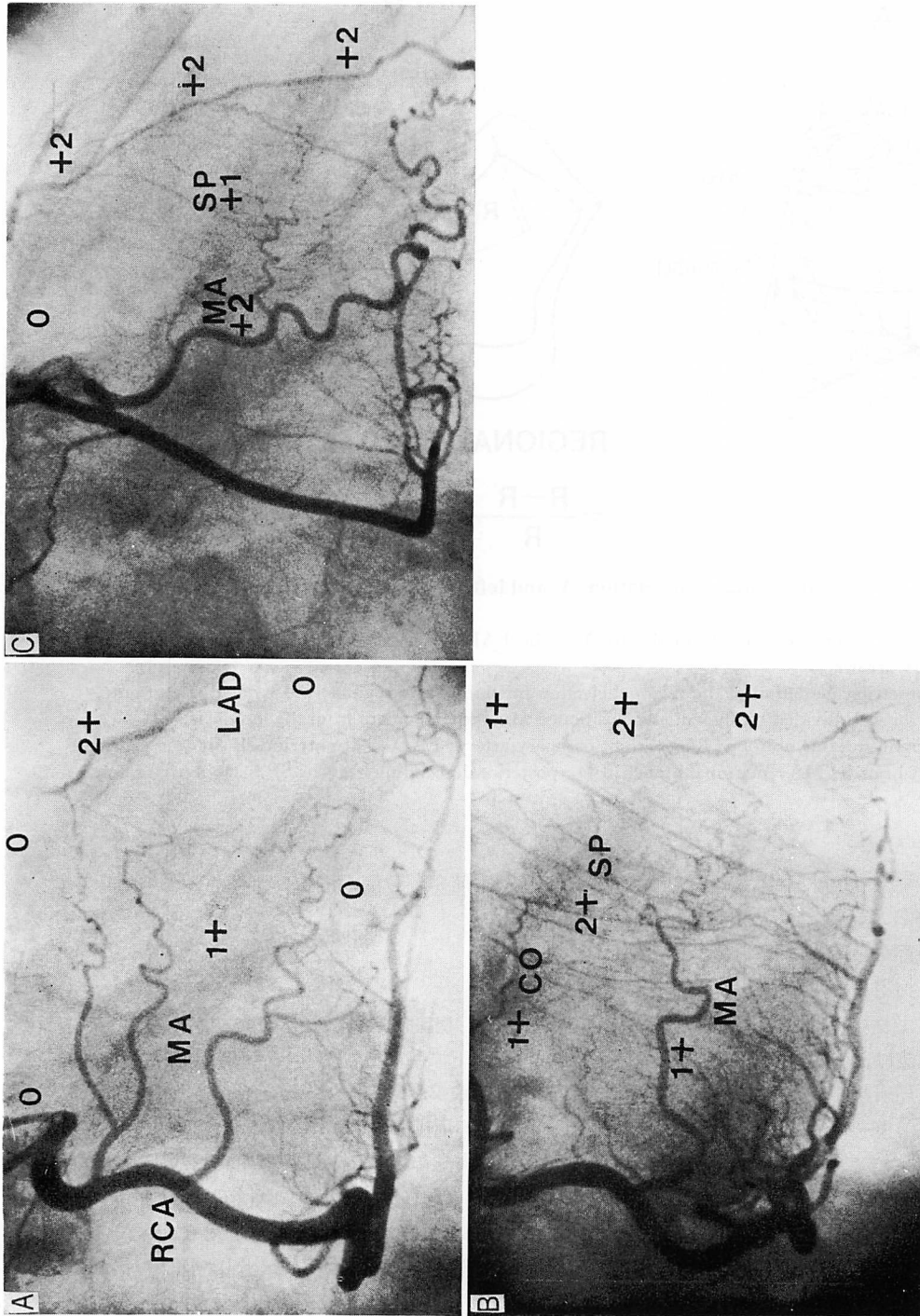


Fig. 2. Examples of the degree of completeness of collaterals in three cases.

Upper left panel: Fair collaterals (1+) from the RCA via the marginal branches are shown. The collateralized mid-segment of the LAD is well opacified (2+).
 Lower left panel: Good collaterals (2+) from the RCA via the septal perforators are shown. The collateralized mid-apical segments of the LAD are well opacified (2+).
 Right panel: Good collaterals (2+) from the RCA via the marginal branches and fair collaterals (1+) via the septal perforators are shown. RCA = right coronary artery; LAD = left anterior descending artery; CO = conus branch; MA = marginal branch; SP = septal perforators.

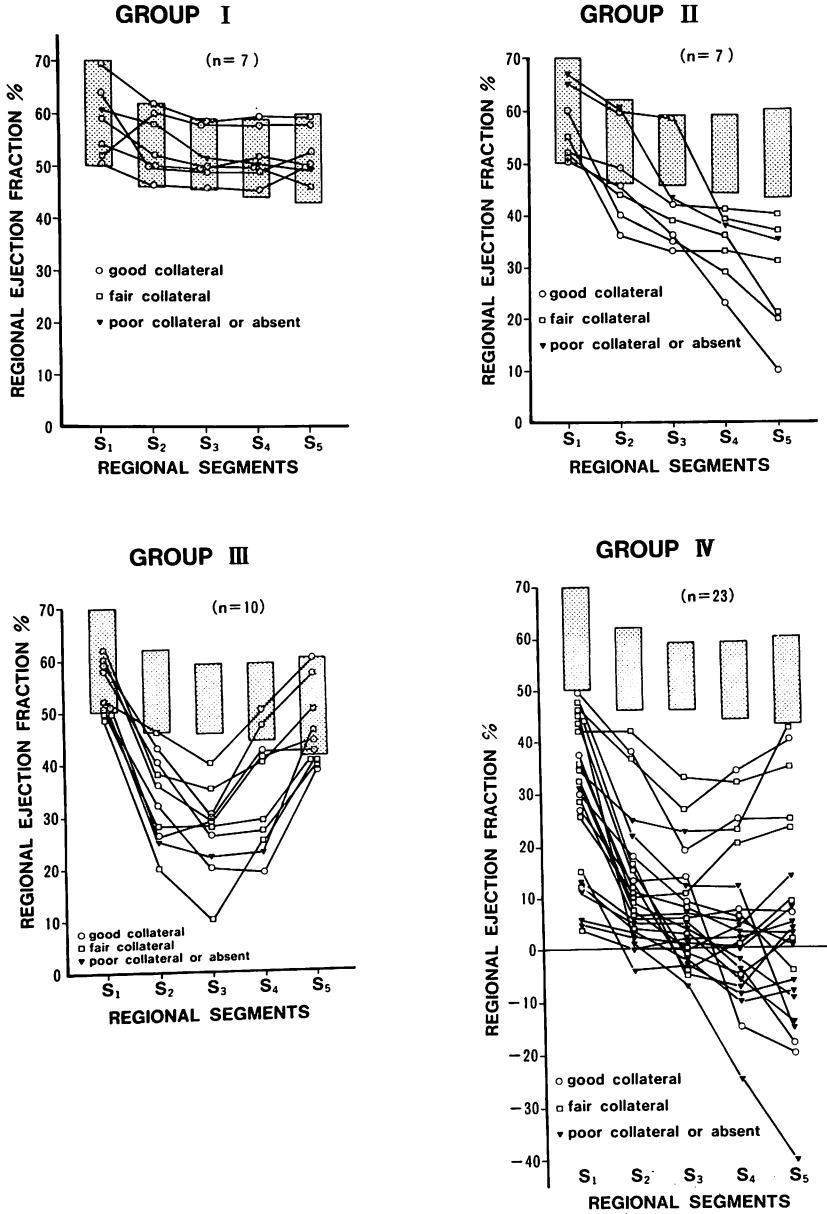


Fig. 3. Four patterns of segmental contraction.

S₁=basal segment; S₂₋₃=mid-segments; S₄₋₅=apical segments.
Column indicates normal range.

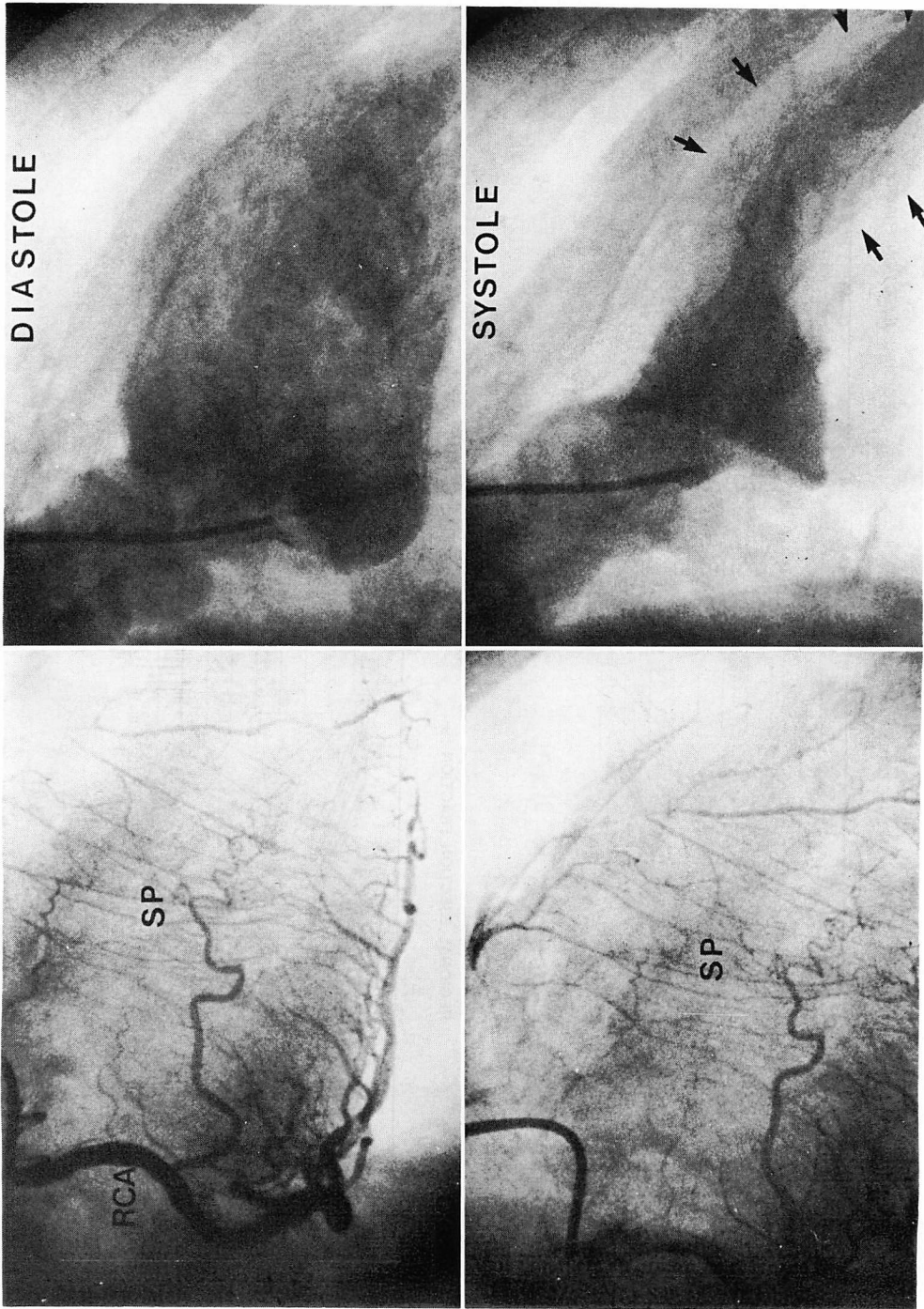


Fig. 4. Coronary arteriograms and left ventriculograms in a patient of group II.

Good collaterals from the posterior descending branches via the septal perforators are demonstrated. Left ventriculograms show akinesia in the apical segment of the anterior wall (arrow).

RCA = right coronary artery; SP = septal perforators.

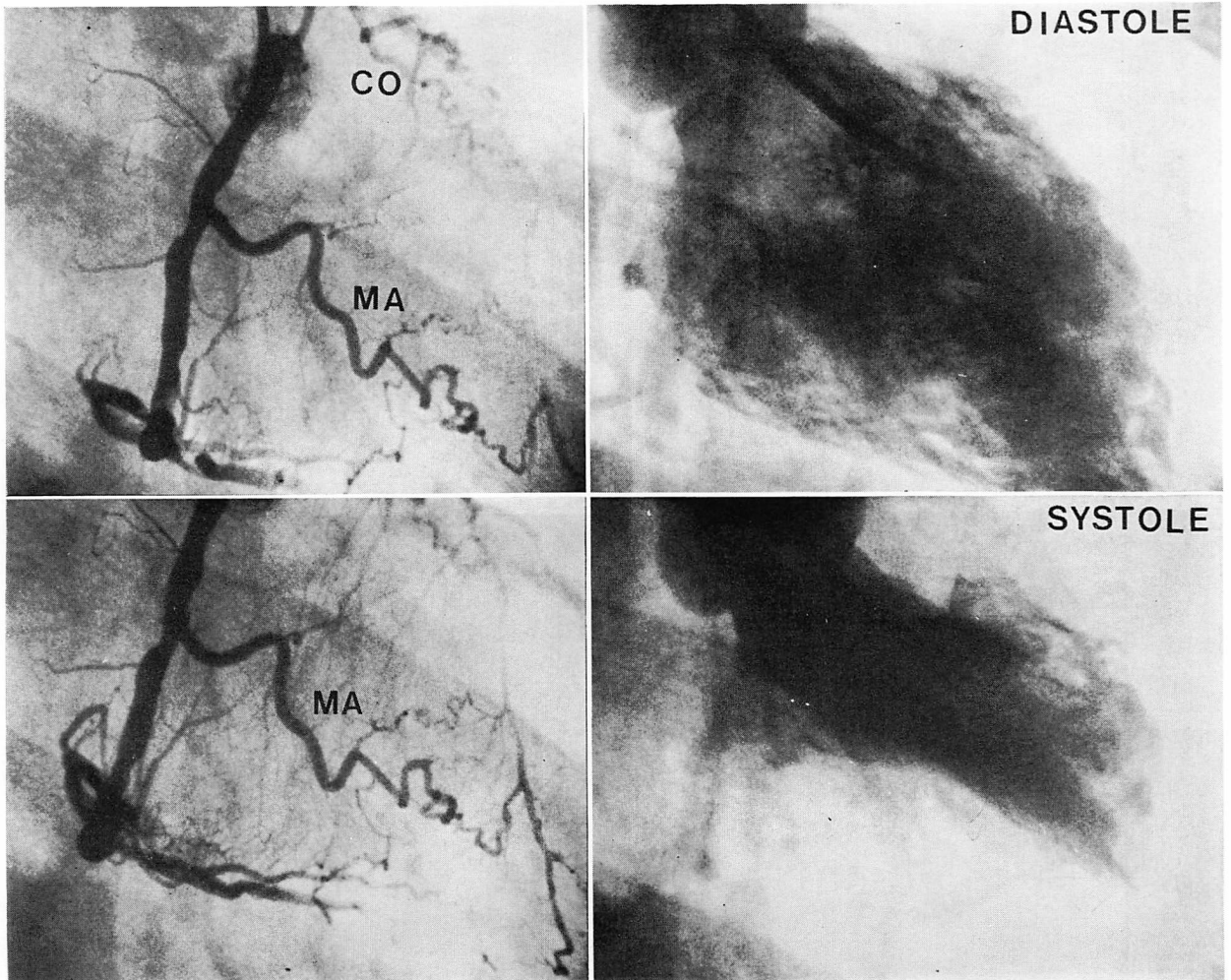


Fig. 5. Coronary arteriograms and left ventriculograms in a patient of group III.

Good collaterals from the RCA via the conus branches and the marginal branch are demonstrated.

Left ventriculogram, however, shows akinesia in the middle segment of the anterior wall.

RCA=right coronary artery; CO=conus branch; MA=marginal branch.

枝からの septal perforator は fair (1+) と判定された。このような基準例をもとにして、以下の各症例につき、側副血行の程度を分類した。

観察事実として、右冠状動脈から左前下行枝への吻合は、Fig. 2 のように、conus branch は左前下行枝本幹の base ないし middle, marginal branch は middle ないし apex, 後下行枝は middle を中心とした部分にみられた。

2. 側副血行による左前行枝本幹の造影程度と灌流域の局所壁運動との対比

局所駆出率の変化の型により全 47 例を 4 群に分類した (Fig. 3)。局所駆出率が各分節で正常な I 群 (7 例)、局所駆出率が心尖部のみで低下する II 群 (7 例)、逆に心基部の中節部のみで低下する III 群 (10 例)、および全分節で低下する IV 群 (23 例) である。I 群は全体の 15% と少数で、

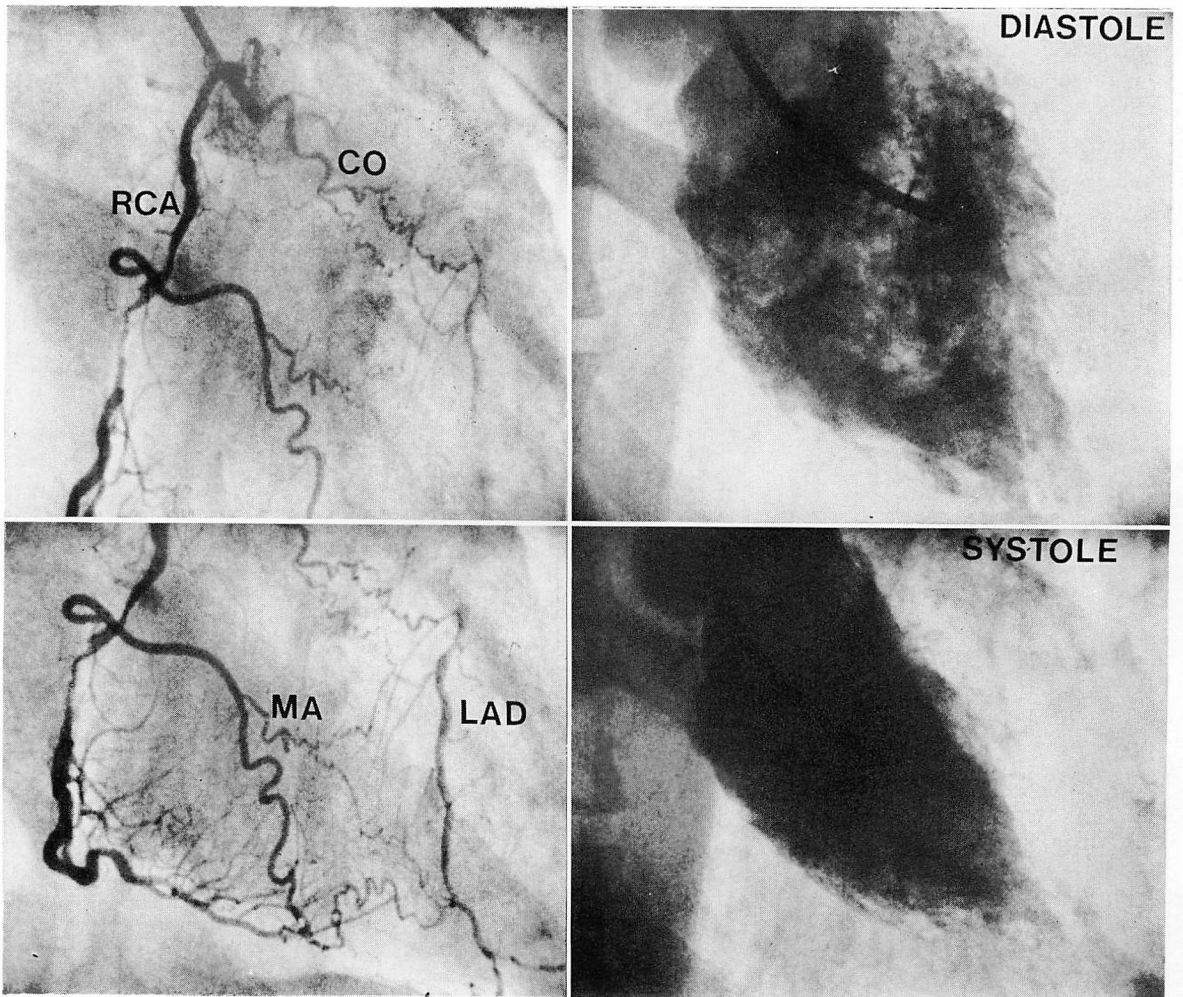


Fig. 6. Coronary arteriograms and left ventriculograms in a patient with old inferior infarction.

The RCA shows a severely stenotic lesion in the middle segment. A so-called jeopardized collateral from the RCA to the LAD via the marginal and conus branches are demonstrated.

RCA=right coronary artery; LAD=left anterior descending artery; MA=marginal branch; CO=conus branch.

IV 群が 50% と最大の比率を占めた. IV 群の個々の症例について心基部から心尖部にいたる局所駆出率の変化の型は, 正常以下の値ながら心尖部に向けて低下する II 群様の例, あるいは中節部で最も低下する III 群様の例が大部分であった.

3. 側副血行吻合様式

右冠状動脈から側副血行による灌流をうけながら, 壁運動の保持される部分が II 群と III 群とで異なる一因について, 側副血行の吻合様式に着目して検討した.

II 群と III 群の右冠状動脈の donor artery と

Table 1. Degree of collaterals in each pathway and degree of opacification in three segments of the collateralized LAD

	Collateral pathway from			LAD		
	Conus branch	Marginal branch	Posterior descending branch	Base	Middle	Apex
Group II						
Case 1	1+	1+	2+	0	0	0
2	1+	1+	2+	0	1+	1+
3	1+	1+	2+	1+	2+	1+
4	0	1+	2+	1+	2+	1+
5	0	1+	2+	2+	1+	1+
6	1+	1+	2+	2+	1+	2+
7	1+	1+	2+	2+	2+	2+
Group III						
Case 1	1+	2+	1+	2+	2+	1+
2	2+	0	0	1+	1+	1+
3	1+	0	1+	1+	0	1+
4	2+	2+	1+	2+	2+	2+
5	0	1+	2+	1+	2+	2+
6	1+	2+	0	2+	2+	2+
7	1+	1+	1+	1+	1+	2+
8	2+	1+	1+	2+	2+	2+
9	1+	2+	1+	1+	1+	1+
10	2+	1+	1+	1+	1+	1+

LAD=left anterior descending artery.

0=absent or poor collateral, 1+=fair collateral, 2+=good collateral.

左前下行枝本幹の造影程度の対比では (Table 1), II 群での側副血行の donor artery の主体は後下行枝であり, III 群では conus branch と marginal branch, あるいは後者であった.

4. 症例の提示

症例 1 (Fig. 4) (II 群に属する例)

側副血行の donor artery の主体は後下行枝由来の septal perforator で, 心尖部の壁運動は akinesis を示した.

症例 2 (Fig. 5) (III 群に属する例)

完全閉塞した左前下行枝へ向う側副血行の donor artery の主体は marginal branch と conus branch で, 左心室前壁の中節部での壁運動は akinesis を示した.

症例 3 (Fig. 6)

左前下行枝への右冠状動脈からの側副血行は, 狭窄病変より近位部の枝である conus branch と marginal branch に主体があり, 壁運動では下壁領域に akinesis を認めた.

考 按

側副血行の吻合様式には一定の型がみられ, 冠状動脈造影上の所見から分類がおこなわれている¹⁰⁾. 本研究でも, 左前下行枝の base, middle, および apex と吻合する右冠状動脈の donor artery は従来の報告とほぼ同一であった. 側副血行の流量は, 灌流圧と血管抵抗の関係で決まり, 血管抵抗は距離に反比例するので, それが最少となる最短距離で吻合が生じるのが一般であると考えられている¹¹⁾. その他, 血管抵抗に関係する因子

として, 側副血行の走行部位が心外膜側に近いか, 心筋内か, さらには recipient artery の健全性と その灌流域の心筋収縮の状態など¹²⁾もあるが, これらの臨床例での解析は, 方法上の限界もあり, 困難である.

側副血行の灌流域が同様でも, その局所心機能の低下部位に差がみられた II 群と III 群とでは, 主体である donor artery の種類と, 従属的に決まる側副血行の左前下行枝への吻合部位に差異が認められ, その差が壁運動低下部位に差を生じさせた可能性がある. このように donor artery が異なる理由は, 前述した冠灌流圧と側副血行の血管抵抗の関係, さらに血流が左前下行枝本幹へ到達する時間の遅れと考えられる.

症例の 50% を占めた IV 群の壁運動は全分節で低下していたが, その pattern は II 群型あるいは III 群型に分類可能であった. この所見は, 側副血行の機能は不十分であるが, その吻合様式が II 群か III 群と同様であるために, 局所壁運動の型に類似性がみられた可能性が考えられる. 側副血行の程度がわずかに 3 段階の定性的な評価のため, 実際の IV 群の検討で, 吻合様式の差が明らかにならなかったであろう.

Fig. 3 に示した側副血行の程度と局所壁運動の保持の関係で, II~IV 群中に, 側副血行は良好であるが壁運動低下を認めるといった discrepancy を示す例がある. 本研究のように, 病型, 側副血行の灌流域等をできるだけ均一にした症例の分析においても, なおこのような discrepancy がみられるのは, 血行発達には時間的経過を必要とするという側副血行の性質のためであると考えられる. 病変が突然完全閉塞へ進行した際には, 側副血行の発達が間に合わず, その後に機能的意義の少ない側副血行が出現してくる. このような例では, 側副血行の程度に比べて壁運動が低下しているという discrepancy が生じてくると考えられる. さらに造影剤の注入量と速度の不均一性などという手技上の差, conus branch の起始部の variation などの冠状動脈の解剖学的な差異も影

響しうる (conus branch の起始部が右冠状動脈と別な症例は除外してあるが, カテーテルの側孔が conus branch の起始部に一致すると, 造影剤がより多量に流れやすい). III 群では conus branch からの側副血行の程度と壁運動との間に discrepancy のみられる場合が多く, conus branch からの側副血行は過大に評価されやすい傾向があった. これは, この側副血行がカテーテルに最も近く, 心外膜側を走り, 左前下行枝に最短距離にあって血管抵抗が低いということが関係していると思われる.

症例間の側副血行の程度を比較することは, 冠状動脈造影の方法論や手技上の限界に加え, 側副血行の程度を診断する方法のあいまいさのために, 種々の条件による誤差を症例間の差と判定する危険性を有し, 注意が必要である. 本研究における II 群, III 群での側副血行の差は, 同一症例の同一造影における各側副血行の程度の比較結果であり, 症例間の比較よりも誤差を生じる可能性は少ないと考えられる.

側副血行の臨床的な評価は, 1) 機能的容量について, 2) jeopardized collateral か否か, について行なう必要がある. **Fig. 6** に示した症例 3 は厳密には jeopardized collateral ではないが, この例の治療法の決定には, 前下行枝領域の心筋の viability や運動耐容能の検討が必要である. そのさい薬物治療によりほどほどの運動耐容能が保たれるならば, PTCA (percutaneous transluminal coronary angioplasty) や, aorto-coronary bypass の相対的適応であっても, 絶対適応ではないと考えられる.

病的状態の代償機構である側副血行の機能には, 当然のことながら限界があり, 本研究のように, 安静時の壁運動が保持される例は少なく, さらに運動負荷による虚血の発生を阻止することも不可能である⁵⁾. しかし, 側副血行があれば, 症例によっては内科治療が可能であり, したがってその存在は治療法決定上, 重要な意味をもつと考えられる. その際には, 本研究で検討した側副血

行の吻合様式と、灌流域およびその部位における心筋の viability 等について、詳細に検討する必要がある。

要 約

左前下行枝近位部完全閉塞例 47 例で、側副血行の経路と機能の関連を検討した。

対象は、側副血行の灌流域がほぼ均一で、優位右冠状動脈からの donor artery が, conus branch, marginal branch および後下行枝を介した septal perforator の 3 種の側副血行を有する例である。この 3 経路からの側副血行の程度を、その造影された太さと数、さらに側副血行と左前下行枝本幹の各部(心基部, 中節部, および心尖部)における造影の濃淡から, good, fair, および poor の三段階に評価した。また右前斜位左室造影の前壁を 5 分割し、各区分について、拡張末期と収縮末期の面積から駆出率を算出した。

右冠状動脈の conus branch は左前下行枝の心基部～中節部, marginal branch は中節～心尖部, また後下行枝は septal perforator を介して、中節部を中心とした部分とに吻合を有していた。

全区分で壁運動の正常例は 7 例であった (Group I)。前壁心基部～中節部の収縮は正常であるが、心尖部での収縮低下をみた例が 7 例あり、その側副血行の主体は、septal perforator を介した後下行枝からのものであった (Group II)。また前壁の心基部～中節部で収縮低下がみられ、心尖部で正常の収縮をみる例が 10 例あり、これらの例の側副血行の主体は conus branch と marginal branch, あるいは後者であった (Group III)。他の 23 例では、全区分で壁運動は低下していたが、全体的な壁運動の低下の型は、Group II あるいは Group III のいずれかに類似していた (Group IV)。

これらの所見は、1) 大多数例では、たとえ安静時であっても、右冠状動脈からの側副血行は、閉塞した左前下行枝の灌流域全体の壁運動を保持できないことを意味し、2) その際にみられる種々の

壁運動パターンは、主体となる側副血行路によって影響される可能性があることを示唆している。

文 献

- 1) Richard HH, Pantel SV, Richard G: Functional importance of the human coronary collateral circulation. *N Engl J Med* **284**: 1277-1281, 1971
- 2) Robyn JC, Mario SV, Herman LF: The effect of collateral circulation on segmental left ventricular contraction. *Circulation* **50**: 709-713, 1974
- 3) Pierre R, Lewis CB, Lawrence SG, Philip OA, IAN KB, Bertran P, Robert DB, Henry HW: Influence of coronary collateral vessels on the results of thallium-201 myocardial stress image. *Am J Cardiol* **44**: 452-458, 1979
- 4) Julio T, Bernard RC, Martial GB, Jacques L, Georges D: Importance of coronary collateral circulation in interpreting exercise test results. *Am J Cardiol* **47**: 27-32, 1981
- 5) Harvey LG, Jonathan G, Jeffrey SB, Jeffrey WM, Michael BC: Functional importance of coronary collateral vessels. *Am J Cardiol* **53**: 694-699, 1984
- 6) Donald EG: The natural history of coronary collateral development. *Circ Res* **35**: 335-344, 1974
- 7) Austen WG, Edwards JE, Frye RL, Gensini GG, Gott VL, Griffith LSC, McGoon DC, Murphy ML, Roe BB: A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease (AHA committee report). *Circulation* **51**: News from the American Heart Association. p 5, 1975
- 8) Hecht HS, Aroesty JM, Morkin E, Laraia PJ, Paulin S: Role of the coronary collateral circulation in the preservation of the left ventricular function. *Radiology* **114**: 305-313, 1975
- 9) Harris JG, Bruce HB, Stanton G, William WP: Quantitative left ventricular wall motion analysis: A comparison of area, chord and radial methods. *Circulation* **59**: 991-1000, 1979
- 10) David CL: Pathways and functional significance of the coronary collateral circulation. *Circulation* **50**: 831-837, 1974
- 11) Wichmann J, Lochner RL, Dimer H: The pressure-resistance-relationships of regional resistances within the coronary circulation and the steal phenomenon. *Basic Res Cardiol* **73**: 607-617, 1978
- 12) Heinz OH, George RN, Edmund HS, Edward SK: Redistribution of collateral blood flow from necrotic to surviving myocardium following coronary occlusion in the dog. *Circ Res* **39**: 214-222, 1976