特 集

冠動脈・左心室造影法の臨床的意義

Clinical Importance of Cine Coronary and Ventricular Angiography

山 口 洋* 中 西 成 元*
HIROSHI YAMAGUCHI, M. D. SHIGEMOTO NAKANISHI, M. D.

虚血性心疾患の診断に於て、冠動脈、左心室造影法は、機能と形態を同時にとらえうる点で、最も核心を得た有用な検査法である。言い換えれば、この造影所見を見ることは、問題の答えを見ることにも喩えられうると思う。しかし、この造影法も、実際行なって見ると、かなりの限界、あるいは問題があり、虚血性心疾患の全てを解決するものではないことも周知のことである。

同じ冠動脈、左心室造影と言っても、その方法、用いる装置、また術者の経験から得られた結果はきわめて様々であるが、筆者がここで意味するものは、5~6 inch の image intensifier を用いた 35mm cine angiography の所見である。その理由は、既に繰り返し述べてきたので省くが、不適当な装置を用いた不完全な検査所見では、虚血性心疾患の概念を異るものにさえしかねないのである¹⁾²⁾³⁾。

更にもう一つの問題点は、どんなに高性能の撮影装置を用いても、最少限 200 μ ぐらいまでの血管を見ていることで、それ以下の小動脈の内容は全く知りえないと言うことである。しかし、われわれが臨床的に冠硬化症と呼ぶ場合、200~300 μ 以上の動脈の問題が主であり、それ以下の細い動脈の病変のみで、生命を奪う程の狭心症、心筋梗塞が発生しうるような症例は恐らくきわめて特殊な場合であろう。もちろん高血圧や糖尿病を合併した症例では、これら小動脈の広範な病変を無視で

きないことは当然であるが⁴⁾⁵⁾⁶⁾、ここではテーマの関係から狭心症、心筋梗塞の原因に直接関係ある比較的大目の 200~300 μ 以上の血管、即ち Cine angiogram に写し得る血管について述べることにする。

正常冠動脈像及び特殊所見

a) 正常冠動脈

正常冠動脈動脈像の詳細については他書²⁾に譲りここでは異常冠動脈像を読む為の基本点を 2.3 挙げることにする。

その第一は、同じ血管でも造影の角度によって全く異った像を呈することである。右冠動脈 (RCA) では本幹、A-V branch, posterior descending branch (PD) の相互の位置的関係は比較的簡単であるが、左冠動脈 (LCA) では左前下行枝 (LAD)、回旋枝 (Cx)、および LAD の枝の Diagonal branch (DG)、および Septal branch (SP)、また Cx の枝の posterolateral branch (PL) など、主要分枝の数が多く造影角度により、位置、走向が大きく変わるのでこれに精通しておくことが必要である。

第二に、症例により主要分枝の大きさ、および数が異なることである。たとえば、右冠動脈にいわゆる右優位 (dominant) と非優位 (nondominant) があり、また左回旋枝にも PL branch が一本のものから二本、三本を有するものまでいろいろ異った症例があることである。したがって、単一冠動脈疾患、二~三冠動脈疾患などを区別する際、十分に注意しなくてはならない訳である。

b) 特殊所見

* 虎の門病院 (循環器科)
Department of Internal Medicine, Toranomon
Hospital, Tokyo
(Jan., 27. 1975 受付)

冠動脈の Spasm²⁾：カテーテル先端が冠動脈壁に触れるために起こる場合が多いが、検査中自然に機能的痙攣を起こす場合もある。大部分が、RCA 近位部に起こるが、稀に左主幹部、LAD 近位部にも見られる。Spasm を造影中見出した時は、ニトログリセリンあるいはニトロールを投与して、その消失を確認しておかねばならない。

Spasm が既存の器質的狭窄病変の上起こった場合は、十分狭心症、あるいは心筋梗塞に発展しうるから Spasm の読影には注意する必要がある。

Myocardial Squeezing：左心収縮に一致して LAD 近位部から中央部に搾られるように内腔が狭窄し、左心拡張に際して元に戻る所見である。心筋肥大が強く、かつ収縮力の良い大動脈弁下筋肥大性狭窄症 (IHSS) に見られ易いと言われるが、高血圧心や、正常心にも見られ、かなり生理的現象のようである。心室中隔枝にも見られる。これは cine angiography のみでとらえうる所見であるが、しばしば狭窄病変と誤読されるので注意を要する。

動脈の重複像：複数の動脈が互いに重なり合って映っている場合である。重複している部分が濃く造影されたり、くびれているように見えて異常所見と間違い易いことがある。また、一方の動脈に重症狭窄病変が存在しても、他方の正常な動脈と重っている時は、前者の狭窄は見出しえない。したがって、これら重った動脈同士を分離して各々を単独で読影できる角度の造影を行なう必要がある。LAD, Cx 近位部などが問題となる部位である。

KinKing 像：立体的走向を有する冠動脈では、角度が急に変わったり、造影面に対して垂直の走向をとる部位では、あたかも血管が急に折れ曲ったり、くびれているように映ることがある。むしろ、他の角度からの造影を行なえば、容易に見分けがつく。RCA, Cx の主幹部に於てよく見られる所見である。

副側血行路 Collateral Channels

冠動脈系は、主要血管同士を連絡する大小多数の Collateral が潜在していて、一旦主要冠動脈が閉塞されると他の冠動脈からの Collateral が形態的にも機能的にも顕性となって出現して、閉塞血管領域の心筋障害を防禦しようとする合目的な現象である⁷⁾。しかし、この Collateral の形態と機能は必ずしも一致するとは限らず、時には立派な Collateral が造影されているにもかかわらず、該当部の心筋が高度に障害されていることもある²⁸⁾。それは、Collateral 発達の時間的因子が重要な働きをしていたためであろう。冠動脈閉塞直後、心筋が重篤な虚血に進展する前に collateral が機能を果しうれば心筋障害をまぬがれるが、critical な時間を逸した後に発達したものでは、たとえ造影上（形態的に）良く映っても機能していない副側血行 (dead collaterals) でしかない。又また Collateral を出す主要冠動脈 (donar artery) の病変の有無が重大な因子となってくることも忘れてはならない。即ち、時間的には間に合っても、donar artery に強い狭窄があれば血流量は十分でなく、心筋障害を防ぎえないことになる。一般に二ないし三冠動脈病変の上起こった心筋梗塞は、心筋障害が重篤になることもこの理由によるであろう。梗塞発作後、順調に回復し、心電図所見も正常化していたものが、再発に際して突然前回の部位に加えて、更に全く異なった部位にも同時に梗塞が生じることがある (remote infarction)。この説明は Collateral を考えると容易である。即ち、初め梗塞の起こった血管支配領域に他側から有効な Collateral が発達し、梗塞部位を最少限に食い止めていたが、その Collateral の donar artery にも狭窄病変が進行し、ついに閉塞した場合、Collateral の灌流域と新しく閉塞された血管の支配領域との双方の血行が一度に遮断されることになるからである。

ここで記憶しておかねばならないことは、Cine angiography で言う Collateral circulation とは、最少限 150 μ 以上の比較的太い Collateral を

意味し、剖検心に造影剤を注入して見出しうる毛細管性の細い Collaterals ではないことである²⁾⁹⁾。

臨床上狭心症、心筋梗塞を問題にする場合は、前者の Cine angiogram に映る太い Collaterals が重大であろう。何故なら Collateral の起源、経路および血流量に直接関係しているものだからである。angiography に造影されてくる Collateral の経路はほぼ定まっているので造影、読影に際し、その存在は容易に理解できる筈である。Collateral の経路に関しては、他書を参照されたい²⁾⁷⁾¹⁰⁾。

左 心 室 造 影

優れた冠動脈造影を行なっても、左心室造影を行わなければ冠動脈疾患の診断は、全く不十分なものになってしまう。何故なら、冠動脈病変と心筋障害とは一対一で対応しているからこの関係に於て、心筋障害の有無、程度などを確認し、また心電図との対比を行なうことが、病態を理解するのに大切だからである。特に、冠動脈再建手術の適応および術式の決定には絶対不可欠なものである²⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾。

左室造影はまた、Cardiomyopathy など心筋自体の原発病変を有する症例の臨床診断にも欠かせない大切なものである²⁾¹⁴⁾¹⁵⁾。有意な心筋障害が存在しながら、冠動脈にそれを説明する病変が見出せない場合がそれに当る。

左室造影は通常第一斜位 (RAO) 20~30°で行うが(図1, 2)、後壁梗塞や IHSS などを疑う場合は、第二斜位 (LAO) 50~60°の造影も加える必要がある²⁾¹⁶⁾(図3, 4)。

心筋障害を読影する際は、その部位と程度を丹念に調べ、閉塞血管、Collaterals との関係などを十分検討し、明確にその病態を理解する必要がある。

心筋障害の程度は、完全に scar tissue replacement と化した akinesia、未だかなり収縮性を有している hypokinesia、心収縮と明らかに異った動きをする dykinesia、あるいは aneurysm などを区別して判読する。それは治療方針、予後を

図1 左室造影，第一斜位 (RAO30°)，拡張終期像

図2 同じ cardiac cycle の収縮終期像，end-systolic volum の軽度の増加と lateral wall の収縮障害を認めるのみである。

図3 同じ患者の左室造影，第二斜位 (LAO 60°)，拡張終期像図

図4 同じ cardiac cycle の収縮終期像。この角度の造影では、RAO位で確認できなかった左室後側壁の障害をはっきりと、とらえることができる。前壁から中隔部の収縮はきわめて良好である。

決定する上に大切だからである。その他 end-diastolic volume (LVEDV), end-systolic volume (LVESV) の増加、壁血栓の有無、あるいは僧帽弁の異常などをもよく見なくてはならない。

この Cine Ventriculography を motion picture として読影することは、種々の左心機能 parameter の計算値よりも、実際に機能している左室心筋状態を見る上では信頼できるものである。特に、局所的な心筋障害、局所障害と、左心室全体との関係を知る点においては、一目瞭然だからである²⁾。

病的冠動脈および左心室造影像

以上述べたような要点を十分理解した上で読影すれば、異常冠動脈像の詳細も容易に把握できる訳であるが、同じ病的像と言っても、病状の程度、病変の場所、副側血行の状態などから、種々異なった型をとるので実例を挙げて説明することにする。

a) 限局型病変と多発型(び漫型)病変: 同じ冠硬化症でも、きわめて限局した狭窄病変を有する症例と、比較的び漫性に冠硬化が認められ、その中に狭窄病変の多発している症例、あるいは両者の中間に位置するものなど、いろいろ存在する

ので一応次の基準を設けて限局型、多発(び漫)型とに区別して考えて行くことにする¹⁷⁾¹⁸⁾。即ち、三本の主要冠動脈の少なくとも二本以上の血管において、各々の血管に中節以下を含めて60%以上の狭窄病変を有するものを多発型(あるいはび漫型)とし(図5)、それより少い箇所にも60%以上狭窄を有するものを限局型(図6)とした。

したがって主要冠動脈一本のみに病変を有している単冠動脈病変は、必然的に限局型となる。実際にこの二つの病変のどちらが冠硬化症に多いかは、人種、年齢、糖尿病合併の有無、などの諸因子によって異なるのであろう。そこで、われわれ

図5 多発(び漫)型病変の例、左冠動脈, RAO. 左前下行枝にも、回旋枝にも数カ所の重症狭窄病変を認める。

図6 限局型病変の例、左前下行枝近位部一カ所のみ80%以上の強い狭窄を有し、その他の部位はきれいである。

表 1 冠動脈硬化症の病型分類

	症例数	%	(USA%)	平均年齢±SD
冠硬化症	70			
限局型	45	64.3	(56.3)	52.1±10.2
び漫型	25	35.7	(43.7)	60.0±8.1 ($P<0.01$)
心筋梗塞	44			
限局型	31	70.5	(40.2)	49.9±11.1
び漫型	13	29.6	(59.8)	59.8±7.1 ($P<0.05$)
糖尿病との関係				
糖尿病合併例				
冠硬化症	70	25(35.7%)	{限局型 13例 び漫型 12例}	
正常群	79	8(10.1)		

は狭心症、心筋梗塞、あるいは冠不全の疑いなどの診断の下に冠動脈、左心室造影を行なった連続165例のうち、60%以上の狭窄病変を有する70例について検討し、一応本邦冠硬化の傾向を見い出そうと試み、同じ基準で分類した米国例 (Cleveland clinic での連続500例)の結果と比較してみた。表1はその結果を一括したものでカッコ内が米国例(%)である。われわれの全冠硬化70例中45例64.3%に限局型が見られ、一方多発型(び漫型)は25例35.7%と少ない。米国と比較するとわれわれの方が、やや限局型が多いことになる。年齢では、限局型平均52.1才、多発型60.9才と年齢が増すにつれて多発型になってくる。これを心筋梗塞のみについてみると、44例中限局型が31例70.5%、多発(び漫)型13例29.6%、となり更に限局型が多い傾向になる。米国ではこの傾向は逆で、心筋梗塞にいたる例では多発型が多数を占める如くである。心筋梗塞症でも年齢の分布は明確で、限局型が平均で10年若年者になっている。

図7は、限局型、多発(び漫)型の年齢分布を棒グラフで示したものであるが、加齢と共にび漫型が増加していることが明らかである。

糖尿病と冠硬化症との関係は発生頻度をみると、非糖尿病患者116例中45例33.8%に対し、糖尿病患者では33例中25例75.8%で、有意に冠硬化症が多く、糖尿病患者で冠硬化合併の頻度が高いことは分かるが、病型については例数は少ないが限局

図 7 年齢による病型分布の差

型、び漫型各13例、12例と差がない。

両者の年齢平均もほぼ同じで(53才および54才)、糖尿病患者でび漫型が多いと言うことにはならないようである。

b) 冠動脈病変と心筋障害: 冠動脈造影に合わせて行なう左心室造影を撮影する際、冠動脈病変との関連に於て検討するのでなければ、虚血性心疾患の心筋障害を論ずることはできない。何故なら心筋の各領域は、血流支配をうける冠動脈が副側血行を含めて定まっているからである。

したがって、逆に虚血性心疾患に伴う心筋障害は、必ず冠動脈病変の部位、程度、副側血行の発達程度から説明可能なものでなくてはならないと言えるのである。この点は、心筋障害の存在を説明しうる冠動脈病変の見られない心筋症 cardiomyopathy と大いに異なるところである²⁾。

表2は、心筋梗塞45例、非梗塞冠硬化症例(すべて70%以上狭窄病変を有する)について侵される冠動脈の数と、左室心筋障害の程度との関係をまとめたものである。心筋障害の程度は、左室造影所見を基にして便宜上、Ejection Fraction (EF) をとり、EFが60%以上のもの、即ち軽度障害、あるいは正常な症例群、EF40~60%の中等度障害群、および40%以下の高度障害群との3群に分け、一方冠動脈病変は70~100%狭窄病変を三本の主要冠動脈(右冠動脈、左前下行枝、回旋枝)の一本に有するか、二本、あるいは三本共に有するかによって、各単冠動脈病変、二冠動脈病変、

表 2 冠動脈病変と左室心筋障害

	例数	EF>60%	60~40	40<
心筋梗塞群				
単冠動脈病変	13	6	5	2*
二冠動脈病変	17	4	10	3
三冠動脈病変	15	2	7	6
	45			
冠硬化、非梗塞群				
単冠動脈病変	13	12	1	0
二冠動脈病変	10	9	1	0
三冠動脈病変	11	8	3	0
	34			

* 2例共に心室瘤を有する。

および三冠動脈病変として分類した。心筋梗塞群では当然のことのようであるが、侵される動脈の数が多い程、EFの悪い症例が増している。特に三冠動脈病変群は、EF60%以上のものが15例中2例のみで、逆にEF40%以下の重症例が6例も占めている。これに対し、単冠動脈病変では60%以上の軽度障害群は、13例中6例も占め全体として心筋障害度は軽い。しかし、その中にEFが40%以下の重症例を2例認めたのは、双方共に、心尖部に心室瘤を有した左前下行枝完全閉塞例で、副側血行もほとんど発達しなかった為に限局した重症心筋障害を残したものと考えられる。逆に、三冠動脈病変のEF40%以下の例は、限局性心筋障害の型ではなく、全心筋の障害と言える広範な心筋不全であった。これらの事実を、副側血行が存在しても、三冠動脈病変のように、その程度、あるいは源となるdonor arteryに重症な狭窄病変を有していれば、副側血行の機能としては不完全で重篤な心筋虚血に陥らせてしまうことを意味しているのであろう。

表3は、心筋梗塞例における副側血行の役割りを検討する目的でまとめたものであるが、この表から言えることは、心室瘤やEFが40%以下の重症例では、副側血行の発達が極めて悪いことが分かるが、EFが40~60%の中程度障害では、副側血行の発達が比較的良好な例と、悪い例とが混在していて、副側血行の機能の有無を確認すること

表 3 副側血行と心筋障害(1)

左室障害度	例数	副側血行良好		副側血行不良
		安全	危険	
0~1度 (EF>70%)	6	3	1	2
1~2度 (EF>50%)	12	4	2	6
2~3度 (EF40~50%)	20	6	10	4
3+ (EF<40%)	4	0	1	3
心室瘤	9	0	1	8

が難しい。しかし、副側血行良好な群を更に分けて、その経路に狭窄病変を持ついわゆる危険に露されている群と、そうでない安全な群とに分けると、心筋梗塞例は大部分が、副側血行に問題があることになる。あるいはまた時間的に心筋障害防止に間に合わなかった死んだ副側血行dead collateralsとも言えるのである。更に、EFが70%以上のほとんど心筋障害のない群に、副側血行が発達していない所見は、coronary cine angiogramでは確認され得ない200μ以下の心筋内副側血行が問題であるのか、不明である。しかし、明確に言えることは、心筋梗塞では副側血行をも含めて、その心筋領域の冠循環に致命的な不全が生じてしまったと言うことである、この点は、表2の下段で見る如く非梗塞冠硬化群とは歴然と異なるところである。即ち、非梗塞冠硬化症例では、冠動脈はきわめて重症狭窄病変を有するものを多数含むにもかかわらず、EF40%以下の重症心筋障害例は見られず、全34例中29例がEF60%以上の軽症ないしは正常例である。EF40~60%に入る5例中2例は左主幹部重症病変、残る3例は左前下行枝起始部の病変を有する症例である。この非梗塞冠硬化症の群では、主要冠動脈の完全閉塞、あるいは90%以上の重症狭窄病変を有する症例のすべてにおいて、きわめて有効な副側血行の発達を認め、当該部心筋の障害を防禦していた(8, 9図)。

即ち、心筋梗塞と未だ梗塞に陥っていない冠不全との間には、心筋障害という点において歴然と

図 8 右冠動脈が近位部で完全閉塞し, marginal branch が, 心尖部を経て posterior descending branch にまで及び著しく発達した collaterals を出している。

図 9 同患者の左心室収縮終期像。右冠動脈領域に, 心筋障害像が見られないのは, 図 8 に見る良好な collaterals のためである。

した隔りが存在し, それは正に, 断崖絶壁から転落する前と後の状態にも喩えられると思う。心筋梗塞では, 絶壁からの転落事故時に, 打ち処の良悪によって生命のみならず, 心筋障害の程度も決ってくるものであるが, 非梗塞冠硬化症例は, 崖の淵にまできていても未だ転落していない訳である。このことを詮じつめると急性心筋梗塞を起こす直接, あるいは引き金因子の存在がきわめて重大で, 改めて認識されねばならなくなってくるのである。

以上の結果からすると非梗塞冠不全例では, 左室心筋障害が余りこないと言う結論になるかと

図10 Ejection Fraction (%)

図11 Vmax

言うとしてそうではないのである。確かに, Ejection Fraction をとって見ると, 図10に見る如く, 非梗塞冠不全 (ASHD) と, 心筋梗塞 (M I), との間に明確な較差ができてくることは今迄述べて来た通りの所見だが, 冠動脈, 左心室造影の前に行なう左室圧測定から, mason 法¹⁹⁾で計算する Vmax の値を, 心筋の contractility の parameter として検討してみると, 図11の如く非梗塞冠不全 (ASHD) 群で心筋梗塞群と変わらず有意に低下していることが分かる。このことは, まだ心筋梗塞と言う状態に至らなくても, 心筋虚血が心筋の contractility には早期から影響を与える因子であると言えるであろう。無論, この Vmax の測定, 計算法, また解釈には種々問題を含む訳だが²⁰⁾²¹⁾, われわれが全く同じ条件下で sones 法の左

図12 Stroke Index (ml/m²)

心カテーテルを行なって得た結果であるので、一概に無意味とは言えないことは事実であろう。

図12は参考までに示すものだが、左心室造影からでも色素稀釈法を用いてでも Stroke Index (SI) を求めて、各疾患毎にその関係を検討した結果である。正常者、非梗塞冠不全、心筋障害、心筋症の間に有意な差を認めず、ごく重症な左室心筋不全が生じるまで SI、あるいは Cardiac Output と言った parameter には異常値として表われてこないことを意味している。

したがって虚血性心疾患の左室機能を見る際、左心室造影を単独に読影することは基本であるが、その他 EF, Vmax も測定しておくことも臨床診療上、大いに意義があることと考えられる。

文 献

- 1) Sones, F. M. and Shirey, E. K. : Cine Coronary Arteriography. *Mod. Conc. Cardiovasc. Dis.*, 31, 735, 1962.
- 2) 山口洋 : 新しい冠動脈造影法, 南山堂, 1974.
- 3) 山口洋 : 冠動脈造影による虚血性心疾患の診断, *最新医学*, 29(1)76, 1974.
- 4) Goldenberg, S., et al. : Sequelae of arteriosclerosis of the aorta and coronary arteries : A statistical study in diabetes mellitus. *Diabetes*, 7, 98, 1958.
- 5) Blumenthal, H. T. et al. : A study of lesions of the intramural coronary artery branches in diabetes mellitus. *Arch Path.*, 70, 13, 1960.
- 6) 上田英雄 : 糖尿病, 11, 77, 1966.
- 7) James, T. N. : The delivery and distribution of coronary collateral circulation. *Chest*, 58(3) 183, 1970.
- 8) Helfant, R. H. et al. : Functional importance of the human coronary collateral circulation. *New Eng. J. Med.*, 284, 1277, 1971.
- 9) 小沢利男 et al. : 正常心及び虚血心に於ける冠状動脈系の構築, *脈管学*, 13, 717, 1973.
- 10) Gensini, G. G. and da Costa, B. C. B. : The coronary collateral circulation in living man. *Amer. J. Cardiol.*, 24, 393, 1969.
- 11) Favaloro, R. G. : Surgical treatment of coronary arteriosclerosis. *Williams & Wilkins*, 1970.
- 12) Gorlin, R. : Indication for surgery in patients with coronary heart disease. *Cardiac Surg.*, 3, 72, 1970.
- 13) Shirey, E. K. : Selection of the surgical candidate. *Surg. Clinics of N. Amer.*, 51, 1023, 1971.
- 14) Croxson, R. S. and Rajshael, M. J. : Angiographic assessment of congestive cardiomyopathy. *Brit. H. J.*, 31, 390, 1969.
- 15) Kreulen, T. H. et al. : Ventriculographic patterns and hemodynamics in primary myocardial disease. *Circulation*, 47, 299, 1973.
- 16) Simon, A. L. : Angiographic appearance of idiopathic hypertrophic subaortic stenosis. *Circulation*, 46, 614, 1972.
- 17) 山口洋 : 冠不全の治療, 第15回日本脈管学会総会シンポジウム, 1974.
- 18) 山口洋 : 特集「狭心症」, *内科*, 35(3), 1975.
- 19) Mason, D. T., Spann, J. F. Jr., and Jelis, R. : Quantification of the contractile state of the intact human heart. *Am. J. Cardiol.* 26, 248, 1970.
- 20) 久田澄夫 : 心収縮性について——その評価法を中心に——, *心臓* 6(7), 1065, 1974.
- 21) 真島英信 : 生理的概念としての Vmax, *日本臨床*, 30(10)10, 1972.