

《原 著》

負荷心 RI アンジオグラフィに関する研究（第 2 報）

—虚血の検出と心予備能の評価—

西村 恒彦* 齊藤 宗靖** 植原 敏勇* 林田 孝平*

菅野 和司** 住吉 徹哉** 小塙 隆弘*

要旨 負荷心 RI アンジオグラフィの実際の方法および、これによる虚血の検出について、精度高く行えることを第 1 報で報告した。本報では、冠動脈造影を施行している心筋梗塞 40 例、狭心症 30 例、正常 10 例を対象として負荷前後の左室駆出分画の変動、局所壁運動異常について検討した。本法により、虚血の検出の検出に加え、心予備能の評価が可能であった。すなわち、負荷時、LVEF が著明に低下する群は、狭心症にて左主幹部病変、多枝病変を有するもの、心筋梗塞にて多枝病変を有するものであり、後者では梗塞の部位みならず非梗塞部位の代償不全を把握でき、虚血心における重症度判定に有用であった。ついで、安静時心機能および ^{99m}Tc -RBC 肺 / 心臓比も重症度判定の指標として役立つことが示された。以上の成績より、負荷心 RI アンジオグラフィは、虚血の検出に加え、心予備能の面から虚血の重症度判定が行うことができ、虚血心の病態の把握に有用である。

I. 緒 言

負荷心 RI アンジオグラフィは、負荷心筋シンチグラフィとともに、負荷心電図以上に冠動脈病変の検出に関する sensitivity, specificity が高いことが報告されている^{1,2)}。特に、本法は、負荷心筋シンチグラフィが梗塞、虚血部位の同定、鑑別に用いられるのに比し、運動、薬剤負荷などによる駆出分画の変動、局所壁運動異常の出現から、虚血の検出に加え心予備能が評価できる利点がある。

本法を実施する際の実際の方法、および虚血の検出に関してその診断精度に与える影響については第 1 報ですでに検討した³⁾。この結果、精度高いデータ収集、処理方法の確立により負荷心筋シンチグラフィと同様に、虚血性心疾患の診断に有

用なことを認めた。そこで、本稿では、主として冠動脈造影所見などと対比して、虚血の検出および心予備能の評価について詳細に検討したので報告する。

II. 方 法

用いた装置は高感度用コリメータを装着したシンチカメラ (Ohio-Nuclear Σ410 S 型) とオンラインで接続したミニコンピュータシステム (PDP 11/60, 128 kW) である。放射性医薬品は ^{99m}Tc -in vivo 赤血球標識 (20~25 mCi) とし、平衡時相にてデータ収集を行った。

データ収集はすでに報告した手順で行った。(1) 安静時 MLAO にて 64×64 マトリックスで、R-R 間隔を 20 等分し、2000 k カウント (約 2~3 分間) マルチゲート法にてデータ収集を行った。(2) 次いで、運動負荷は、電気制動型自転車エルゴメータ (シーメンス社製) を用いた漸増負荷法とし、心電図における ST 降下、胸痛の出現などに注意してリストモードにて 1 分 30 秒間 (約 1,500~2,000 k カウント)、心拍同期下にデータ収集を行った。さ

* 国立循環器病センター放診部

** 同 内科

受付：57年 6月 21 日

最終稿受付：57年 10月 27 日

別刷請求先：吹田市藤白台 5-125 (番 565)

国立循環器病センター放診部
西 村 恒 彦

らに、R-R 間隔のヒストグラムを作成し、運動負荷中の心拍数に応じた R-R 間隔に注目して(1)と同様のフレームモードに再構成した、(3)さらに、血圧、心拍数とともに安静時復帰後、ニトログリセリン(NTG)(0.3 mg)舌下投与、血圧降下、心拍数上昇に注意して(1)と同様にデータ収集を行った。

1. 心機能、局所壁運動について

データ収集後、カウント法から左室駆出分画(LVEF)を算出した。収集末期、拡張末期像にてisocount表示、edge表示およびcine表示を用いて左室局所壁運動の観察を行った³⁾。これらのデータ処理後、(1)(2)(3)について、LVEFの変動、局所壁運動異常の出現を検討した。

2. ^{99m}Tc -RBC 肺/心臓比について

Okada ら⁴⁾と同様に、心拍同期心プール拡張末期像にて大動脈部位と重ならないように中肺野および左心室相当部位に 5×5 pixel の関心領域を設定した。次いで、 ^{99m}Tc -RBC 肺/心臓比カウントを、(1)(2)のそれぞれについて算出し、この比、(2)/(1)を求めた。

III. 対象

対象は昭和55年1月より56年3月まで、負荷心RIアンジオグラフィを行った症例のうち、冠動脈造影を施行している虚血性心疾患70例(心筋梗塞40例、狭心症30例)および正常10例である。それぞれの平均年齢は、 56.2 ± 9.3 歳、 52.3 ± 8.8 歳、 45.2 ± 4.8 歳である。なお冠動脈病変は、右冠動脈、左前下行枝、左回旋枝において、75%以上の冠狭窄を有するものとし、それぞれ1~3枝病変群に分類した。

IV. 結果

1. 冠動脈病変における虚血の検出について

冠動脈造影を施行している心筋梗塞40例、狭心症30例、正常10例にて、冠動脈病変部位、病変枝数から、それぞれ右冠動脈(RCA)、左前下行枝(LAD)、左回旋枝(LCX)群に、1枝、2枝、3枝病変群に分類して負荷心RIアンジオグラフィの

Table 1 Lists of radionuclide ventriculography (rest, exercise) in effort angina pectoris without myocardial infarction and normal cases.

CAD cases	CAD (AP)				LVEF	
		○	△	×	REST (%)	EXER (%)
S.V.D.	12	1	7	4	59.5 ± 9.9	58.8 ± 9.8
LAD	11	1	7	3	58.7 ± 10.7	58.5 ± 9.7
LCX	0	0	0	0		
RCA	1	0	0	1	68.0 ± 0.0	62.0 ± 0.0
D.V.D.	7	2	4	1	55.8 ± 5.5	58.7 ± 8.5
LAD + LCX	2	1	1	0	52.0 ± 0.0	64.5 ± 9.2
LCX + RCA	2	0	2	0	63.5 ± 0.7	60.5 ± 0.7
RCA + LAD	3	1	1	1	53.3 ± 2.9	53.6 ± 10.0
T.V.D.						
LAD + LCX + RCA	11	2	5	4	54.9 ± 6.1	53.1 ± 11.9
Total	30	5	16	9	56.9 ± 7.8	56.9 ± 10.2
Normal						
Normal	10	10	0	0	60.5 ± 4.6	70.8 ± 4.2
LVEF changes from rest to exer.					○ LVEF > 5%	
					△ OVEF -5~5%	
					× LVEF < -5%	

成績を検討した。

LVEFの負荷前後における変動(平均±標準偏差)を狭心症、心筋梗塞に分けてTable 1, 2に示す。

正常例では、全症例にて運動負荷後、LVEFは平均 $60.5 \pm 4.6\%$ から $70.8 \pm 4.2\%$ へ、約10%以上増加する。一方、狭心症では、LVEFは、 $56.9 \pm 6.1\%$ から $53.1 \pm 11.9\%$ へと増加を示さず、30症例中25例(83.3%)にてLVEFは、5%以内の増加ないし減少にとどまる。また、1枝、2枝、3枝病変例では、それぞれ $59.5 \pm 9.9\%$ から $58.8 \pm 9.8\%$ 、 $55.8 \pm 5.5\%$ から $58.7 \pm 8.5\%$ 、 $54.6 \pm 6.1\%$ から $53.1 \pm 11.9\%$ へと多枝病変群になるに伴い運動負荷後、LVEFは低下する。

心筋梗塞症ではLVEFは $48.1 \pm 12.2\%$ から $49.1 \pm 13.8\%$ へと増加は少なく、40症例中31例(76%)にてLVEFは5%以内の増加ないし減少にとどまる。1枝、2枝、3枝病変例では、それぞ

Table 2 Lists of radionuclide ventriculography (rest, exercise) in myocardial infarction and normal cases.

CAD cases	CAD (AP)				LVEF	
		○	△	×	REST (%)	EXER (%)
S.V.D.	12	3	8	1	48.9±11.7	52.6±14.5
LAD	7	2	5	0	43.0±10.5	47.5±15.4
LCX	0	0	0	0		
RCA	5	1	3	1	57.2±8.2	59.8±10.6
D.V.D.	15	2	8	5	49.6±14.0	50.4±14.7
LAD+LCX	9	0	5	4	47.4±4.6	46.5±14.0
LCX+RCA	4	2	1	1	60.0±8.8	63.7±9.3
RCA+LAD	2	0	2	0	42.5±14.9	41.5±13.4
TVD						
LAD+LCX+RCA	13	0	9	4	46.4±11.1	44.3±11.5
Total	40	6	25	9	48.1±12.2	49.1±13.8
Normal						
Normal	10	10	0	0	60.5±4.6	70.8±4.2
LVEF changes from rest to exer.		○ 5%	△ -5~-5%	×	-5%	

れ 48.9±11.7% から 52.6±14.5%, 49.6±14.0% から 50.4±14.7%, 46.4±11.1% から 44.3±11.5% へと多枝病変になるに従い、運動負荷後、LVEF は低下を示す。しかも、狭心症に比し、心筋梗塞症例では、特に前壁梗塞合併群にて、安静時 LVEF が低下していた。

2. 虚血性心疾患における心予備能について

Fig. 1 に安静時、運動負荷時における LVEF の変動を示す。1. で述べたように、(a) 狹心症、(b) 心筋梗塞症例ともに、3 枝病変になるに従い、負荷後 LVEF は低下する。しかし、個々の症例についてみると、冠動脈病変の存在にかかわらず負荷後 LVEF が著明に上昇する症例および低下する症例が存在する (Table 3)。

運動負荷後、著明に LVEF が低下する 11 例は、狭心症では左主幹部病変を有するもの、および 3 枝病変を有するものであり、心筋梗塞症では

多枝病変を合併するものである。

反対に、運動負荷後、LVEF が増加する 9 例は、狭心症では 75% 窄窄を有するもの、心筋梗塞症では小さな下後壁梗塞にて、1 枝ないし 2 枝 (LAD 病変を含まないもの) 病変を有するものである。

以下に代表的な症例を呈示する。

症例 1: 前壁心筋梗塞 49 歳、男、M. A.

前壁梗塞にて狭心症を合併する 3 枝病変例である。安静時では前壁部位で akinesis、運動負荷により新たに下後壁部位に hypokinesis が出現する。さらに、NTG 投与により、この部位の hypokinesis は消失する。LVEF は、それぞれ 46%, 33%, 55% である。運動負荷後、LVEF は 10% 以上低下を示し、心予備能の低下は、心筋梗塞にて多枝病変の合併に起因していることがわかる (Fig. 2)。

症例 2: 後壁心筋梗塞 45 歳、男、M. T.

後壁梗塞にて RCA 単独病変例である。安静時では後壁部位に小範囲の akinesis を認める。運動負荷により前壁を始め、新たな hypokinesis の出現は認めず、むしろ hyperkinesis を呈する。さらに NTG 投与も同様に著変を認めない。LVEF は、それぞれ 48%, 59%, 54% である。運動負荷後 LVEF は 10% 以上増加し、小範囲の梗塞に比し、非梗塞部位における代償により心予備能が保たれていることが示される (Fig. 3)。

3. 安静時心機能との関連について

安静時における LVEF を、全症例にて 35% 以下、35~55%, 55% 以上の 3 群に分け、各群における LVEF の変動を算出したものを Fig. 4 に示す。安静時 LVEF 35% 以下を示す 8 症例は全例とも心筋梗塞症例であり、負荷後 LVEF は 34.2±4.2% から 29.8±5.1% へと軽度低下を示す。安静時 LVEF が 35%~55% を示す 35 症例 (心筋梗塞 23 例、狭心症 12 例) では LVEF は、それぞれ、47.8±5.7% から 49.4±9.6%, 51.7±3.4% から 53.4±8.5% へと軽度増加を示す。一方、安静時 LVEF が 55% 以上を示す 27 症例 (心筋梗塞 9 例、狭心症 18 例) では LVEF はそれぞれ、63.6±5.2% から 62.9±9.6%, 64.2±4.2% から 56.2±12.8% へと、特に後者において著明に低下した。

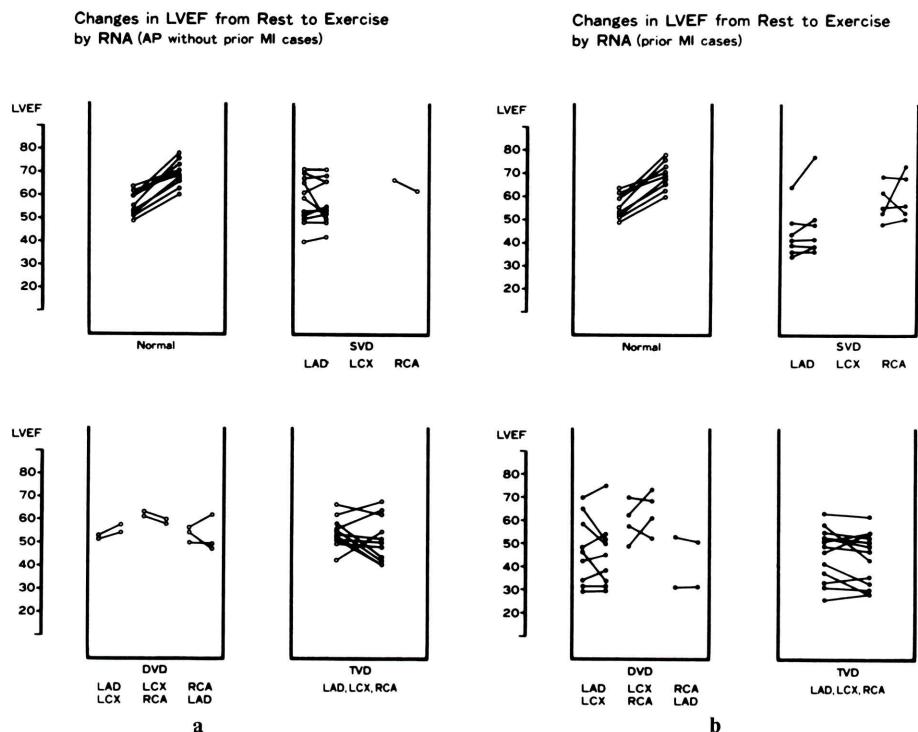


Fig. 1 Changes in LVEF from rest to exercise by radionuclide ventriculography in coronary artery disease. (a) Angina Pectoris (b) Myocardial Infarction

Table 3 Significant LVEF changes in coronary artery disease from rest to exercise.
Significant LVEF decreased cases

Cases		CAD	EF R. EX.	
1. F.S.	S.V.D.	LMCAD (AP)	68	51
2. M.S.	S.V.D.	LMCAD (AP)	63	53
3. M.A.	D.V.D.	LAD+LCX (Ant MI)	46	33
4. M.I.	D.V.D.	LAD+LCX (Inf MI)	65	51
5. N.K.	T.V.D.	(AP)	52	42
6. M.T.	T.V.D.	(AP)	54	41
7. M.Y.	T.V.D.	(AP)	57	44
8. H.J.	T.V.D.	(Ant MI)	39	28
9. O.M.	T.V.D.	(Ant MI)	42	34
10. F.N.	T.V.D.	(Ant MI)	57	43
11. O.H.	T.V.D.	(Inf MI)	59	49

Significant LVEF increased cases

Cases		CAD	EF R. EX.	
1. M.Y.	S.V.D.	LAD (AP)	58	67
2. I.K.	S.V.D.	LAD (AP)	50	60
3. T.R.	S.V.D.	LAD (Lat MI)	64	79
4. Y.T.	S.V.D.	RCA (Inf MI)	54	75
5. A.M.	D.V.D.	RCA+LCX (post MI)	35	42
6. T.Y.	D.V.D.	RCA+LCX (Inf MI)	49	61
7. A.H.	D.V.D.	RCA+LAD (AP)	55	65
8. S.I.	T.V.D.	(AP)	43	53
9. N.M.	T.V.D.	(AP)	63	72

以下に代表的な症例を呈示する。

症例 3: 前壁心筋梗塞 62歳、男、N. N.

広汎な前壁梗塞にて 2 枝病変 (LAD+LCX) を有する症例である。安静時、前壁から心尖部にかけて

広汎な akinesis を認める。運動負荷、NTG 投与にてこの部位の akinesis は改善されない。LVEF はそれぞれ 34%, 30%, 37% である。本症例では安静時 LVEF が低く、負荷後、著明に変化しない (Fig. 5)。

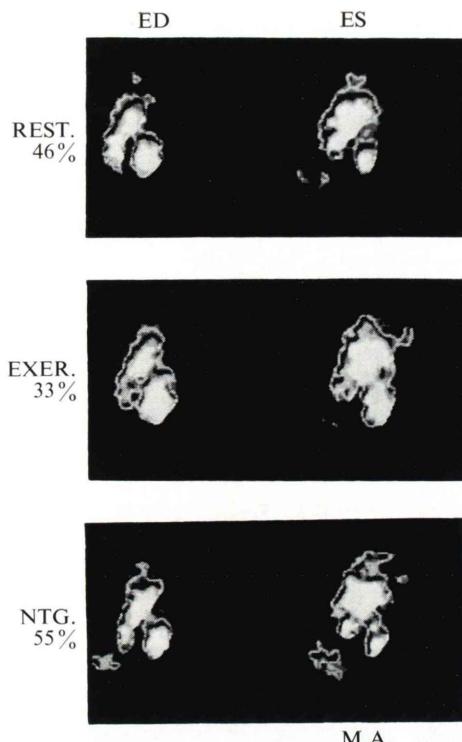


Fig. 2 Interventional radionuclide ventriculography in the case of anterior myocardial infarction with inferior ischemia.

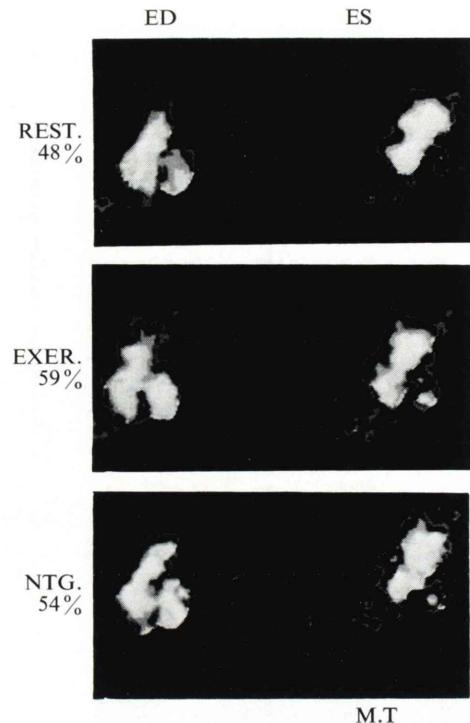


Fig. 3 Interventional radionuclide ventriculography in the case of posterior myocardial infarction.

症例 4：労作性狭心症 59歳、男、M. Y.

3枝病変を有する労作性狭心症である。安静時、左室の局所壁運動は正常であるが、負荷後全体に hypokinesis が出現する。NTG 投与により局所壁運動は改善されている。LVEF はそれぞれ 53%, 42%, 63% である。本症例では安静時 LVEF は正常であるが、負荷後、著明に低下することが認められる (Fig. 6)。

4. $^{99m}\text{Tc-RBC}$ 肺/心臓比について

$^{99m}\text{Tc-RBC}$ 肺/心筋比を負荷前後で求め、その比を算出、正常、狭心症、心筋梗塞症例に分けて検討したところ、正常に比し、後 2 者では、この比が高値を示した。特に、1 枝病変に比し多枝病変になるに従い高値であった (Fig. 7)。

V. 考 案

運動負荷心筋シンチグラフィ、運動負荷心 RI アンジオグラフィの役割は、虚血の検出に加え、前者では、梗塞、虚血部位の同定であり、後者では心予備能の評価ということになる⁵⁾。そして、負荷 RI 検査の究極の目的は、虚血の重症度判定、すなわち、high risk patients を非観血的に検出すことにより、診断のみならず、治療、予後判定に役立てることである⁶⁾。本研究では、このうち、近年盛んに用いられつつある負荷心 RI アンジオグラフィを用いて冠動脈病変と対比、本法の有用性について検討した。

1. 虚血の検出について

負荷心 RI アンジオグラフィにおける虚血の判定基準は、安静時に比し負荷時、LVEF が減少ないし 5% 以内の上昇にとどまるもの、および局所壁運動異常の出現とした。この基準は、現時点に

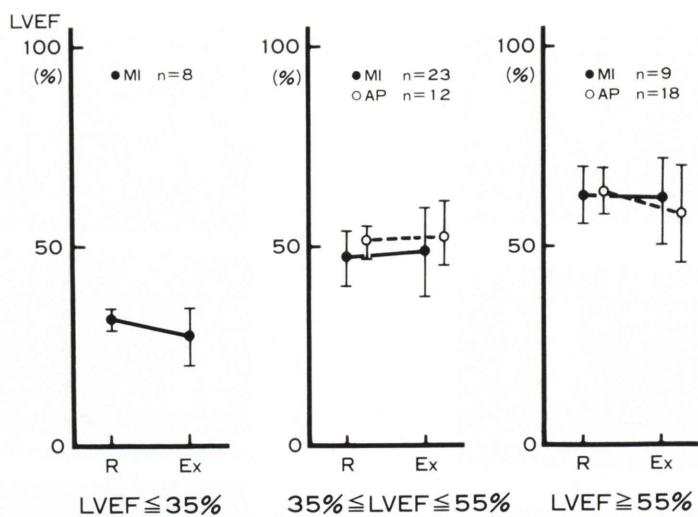


Fig. 4 Effects of rest LVEF on exercise radionuclide ventriculography in coronary artery disease.

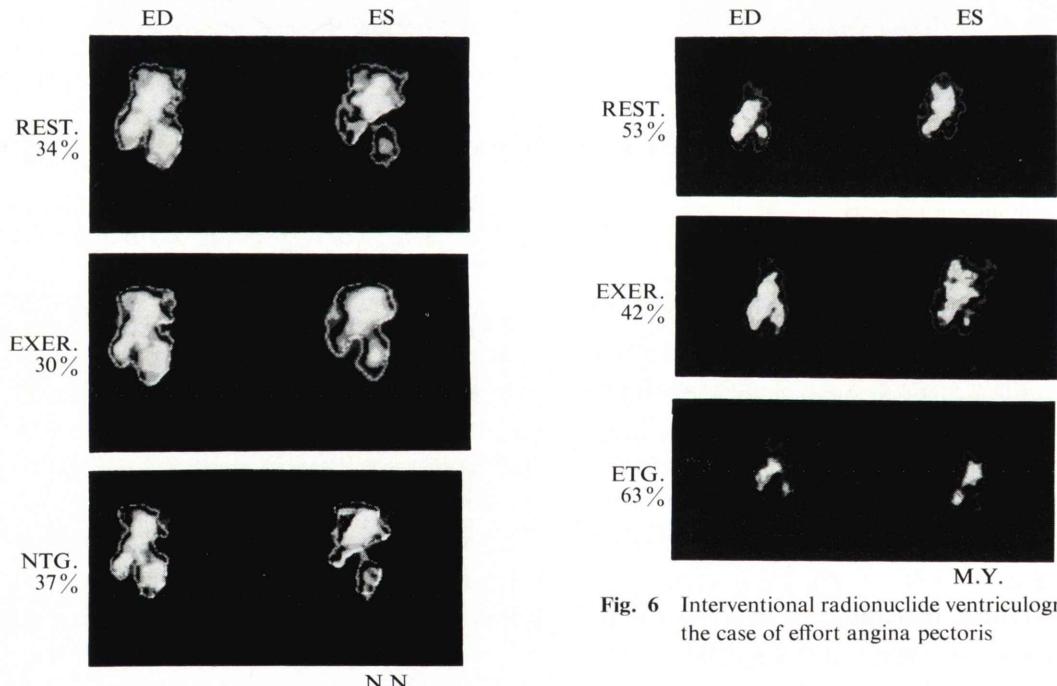


Fig. 5 Interventional radionuclide ventriculography in the case of broad anterior myocardial infarction.

における負荷心 RI アンジオグラフィによる虚血の判定に妥当なものと考えられる^{1~3)}。この基準を

用いた冠動脈病変の存在に対する sensitivity, specificity は狭心症 30 例, 正常 10 例にてそれぞれ 83.3%, 100% であった。すなわち、本法は、精度高く虚血の検出が行われることが示された。一方、Fig. 5 のように広汎な心筋梗塞では、負荷後、

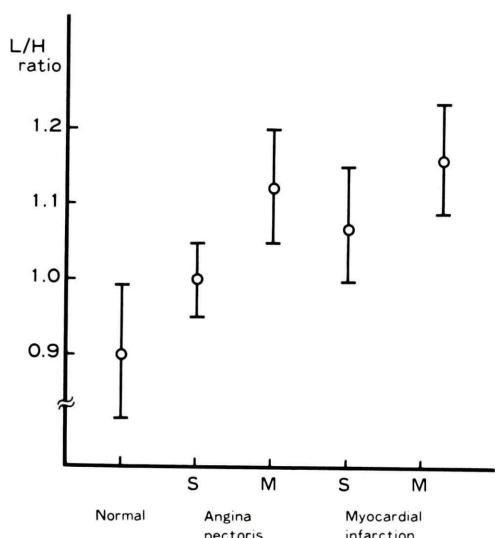


Fig. 7 In vivo labeled ^{99m}Tc -RBC lung/heart ratio by exercise/rest radionuclide ventriculography in coronary artery disease.

虚血の出現がなくとも LVEF の増加は軽微なことが多い。したがって、心筋梗塞40例中31例(76%)にて LVEF の増加は 5% 以内の上昇にとどまった。

局所壁運動異常の出現は、Fig. 2~6 に示したように LVEF の変動に加え、虚血の存在を明瞭とする。これらの壁運動異常の検出については、位相、振幅イメージ⁷⁾による臨床応用とあわせ別の機会に報告する。

2. 心予備能の評価について

本法の利点は虚血の検出に加え、心予備能の評価が行えることである。Table 3 に示したように、負荷後 LVEF が著明に上昇する例および著明に低下する例がある。狭心症例では、特に左主幹部病変ないし、3 枝病変では左室全体の局所壁運動異常の出現とともに LVEF の著明な低下を認める。反対に、軽度の冠狭窄を有する症例においてむしろ LVEF が上昇し正常例と同様の反応を示すことがある。このように本法は虚血の拡がりに応じた心収縮不全の程度がとらえられる。

一方、心筋梗塞症例では、梗塞部位および非梗塞部位における虚血の有無に伴う代償、非代償不

全をとらえることができる。Fig. 2 に示す症例のように運動負荷時、LVEF の著明な低下は下壁梗塞部位における akinesis に加え、前壁部位の hypokinesis の出現によることがわかる。NTG 投与によりこの部位の hypokinesis の改善を認め、局所壁運動の reversibility を評価できる⁸⁾。すなわち、梗塞症例における多枝病変の有無に伴う心予備能をとらえることができる。また、小さな下後壁梗塞で 1 枝病変を有する場合、負荷後 LVEF は増加し心予備能が十分保たれていることもある。

したがって、負荷心 RI アンジオグラフィにおける成績の解釈に際しては、虚血の検出に加え、心予備能の評価も常に考慮して行われるべきである。

3. 安静時心機能との関連について

全症例を安静時 LVEF の値から 35% 以下、35~55%、55% 以上の 3 群に分け、各群における負荷前後の LVEF を比較検討した。Port ら⁹⁾も報告しているように、安静時 LVEF が低値を示す症例、すなわち大きな梗塞症例では、運動耐応能が低く、新しい局所壁運動異常の出現がなくとも LVEF は増加しない。このことは、安静時心機能が低下している症例においては、それ自体、虚血性心疾患における high risk patients の検出に鋭敏な指標となることが確認された。一方、安静時 LVEF が 55% 以上、すなわち正常心機能を有する狭心症例において、運動負荷時、LVEF が著明に低下する際、high risk patient の検出に有用であることが確認された。したがって、安静時心機能も虚血の重症度判定に際し考慮されるべきである。

4. ^{99m}Tc -RBC 肺/心臓比について

^{99m}Tc -RBC 肺/心臓比について、Okada ら⁴⁾は虚血性心疾患の重症度とともに、この比が上昇することを報告している⁴⁾。著者らも、Okada らの方法を改変して用いたところ、多枝病変になるに従い高値を示した。したがって、 ^{99m}Tc -RBC 肺/心臓比は、虚血の重症度の 1 指標になると考えられる。しかも、Kushner ら¹⁰⁾により報告されているように、 ^{201}TI の肺摂取が多枝病変になるに従い高値になるとあわせ、ともに左室拡張末期

圧の上昇による肺うっ血に起因すると考えられる。さらに、Straussら¹¹⁾によると、右冠動脈病変群において^{99m}Tc-肝/心臓比が上昇することを認めており、これも、下壁梗塞ないし右室梗塞における重症度判定の1指標になるであろう。

以上より、本法は、負荷前後における心機能、局所壁運動の評価から、虚血の検出とともに、心予備能、特にその重症度判定が行える。したがって、虚血性心疾患患者の診断のみならず予後判定、リハビリテーションに応用することができる。

VI. 結論

1) 冠動脈造影を施行している心筋梗塞40例、狭心症30例、正常10例にて負荷心RIアンジオグラフィを施行した。

2) 負荷心RIアンジオグラフィにより、虚血の検出のみならず心予備能の評価が行えた。すなわち、狭心症、心筋梗塞とも多枝病変になるに従い、負荷後のLVEFは低下した。負荷後、著明にLVEFが低下した症例は、狭心症例にて左主幹部病変を有するもの、あるいは3枝病変を有するもの、心筋梗塞症例にて多枝病変を有するものであった。

3) 安静時LVEFが低値を示すとき、これのみで虚血性心疾患の重症度判定が行える。一方安静時LVEFが正常であっても、負荷後LVEFが低下し潜在性の虚血の検出に役立つことが示された。

4) 以上のLVEFの変動に加えて、運動負荷時の^{99m}Tc-RBC肺/心臓比の増加は、²⁰¹Tl肺摂取と同様に、虚血の重症度の指標となりうることが示唆された。

5) 以上の成績から、負荷心RIアンジオグラフィが虚血の検出に加え、心予備能の面から虚血心における重症度判定を非観血的に行えることに

なり日常診療上、有用である。

文献

- 1) Jengo JA, Freeman R, Brizendine M, et al: Detection of coronary artery disease; comparison of exercise stress radionuclide cardioangiography and thallium stress perfusion scanning. Am J Cardiol **45**: 535-541, 1980
- 2) Borer JS, Kent KM, Bacharach SL, et al: Sensitivity, specificity and predictive accuracy of radionuclide cineangiography during exercise in patients with coronary artery disease; comparison with exercise electrocardiography, Circulation **60**: 578-580, 1980
- 3) 西村恒彦、斎藤宗靖、植原敏勇、他：負荷心RIアンジオグラフィに関する研究(第1報)——実際の方法に関する検討——. 核医学 **19**: 83-91, 1982
- 4) Okada RD, Pohost GM, Kirshenbaum HD, et al: Radionuclide-determined change in pulmonary blood volume with exercise improved sensitivity of multigated blood-pool scanning in detecting coronary-artery disease. New Eng J Med **301**: 569-576, 1979
- 5) 西村恒彦：負荷RI心臓検査——計測システムと虚血性心疾患への応用——. 臨床ME **5**: 183-193, 1981
- 6) 西村恒彦、植原敏勇、林田孝平、他：虚血性心疾患におけるhigh risk patientsの検出. 第46回日循総会誌, p 111, 1982
- 7) Adam WE, Tarkowska A, et al: Equilibrium (gated) radionuclide ventriculography. Cardiovas. Radiol **2**: 151-173, 1979
- 8) Banka VS, Bodenheimer MM, Helfant RH, et al: Determinants of reversible asynergy. Circulation **50**: 714-719, 1974
- 9) Port S, McEan P, et al: Influence of resting left ventricular function on the left ventricular response to exercise in patients with coronary artery disease. Circulation **63**: 856-863, 1981
- 10) Kusner FG, Okada RD, Kirshenbaum HD, et al: Lung thallium-201 uptake after stress testing in patients with coronary artery disease. Circulation **63**: 341-347, 1981
- 11) Strauss HW: Private communication.

Summary

Detection of Coronary Artery Diseases by Exercise Radionuclide Ventriculography

(2) Evaluation of Ischemia and Left Ventricular Functional Reserve

Tsunehiko NISHIMURA, Muneyasu SAITO, Toshiisa UEHARA, Kohei HAYASHIDA,
Kazuji KANNO, Tetsuya SUMIYOSHI and Takahiro KOZUKA

Division of Nuclear Medicine and Cardiac Unit, National Cardiovascular Center, Suita, Osaka, Japan

In order to detect coronary artery diseases (CAD) and to assess LV functional reserve, exercise radionuclide ventriculography (ERV) was performed in 80 patients who underwent coronary angiography for evaluation of chest pain syndrome. There were 30 patients with angina pectoris (AP), 40 patients with myocardial infarction (MI) and 10 normal cases.

In CAD patients, changes of left ventricular ejection fraction (LVEF) from rest to exercise (Δ LVEF) were within less than 5%, while in normal cases, LVEF increased more than 5%. In 30 patients with AP and 10 normal cases, the sensitivity and specificity of ERV were 83%, 100%, respectively, and ERV had better sensitivity than stress ECG for the detection of CAD.

In 11 cases of CAD, substantial decline of Δ LVEF ($\leq 10\%$) indicated AP with multi-vessel or

proximal LAD occlusion and MI with multivessel diseases.

In the patients who had large MI, resting LVEF was lower and Δ LVEF did not significantly increased, however, lung/heart ^{99m}Tc -RBC ratio showed higher value in comparison with normal cases, which expressed the severity of pulmonary congestion.

In conclusion, ERV was clinically useful not only for the detection of CAD, but also for the evaluation of LV functional reserve. Furthermore, it was demonstrated that high risk patients of CAD were identified by ERV.

Key words: Exercise radionuclide ventriculography, Detection of ischemia, resting/exercise LVEF, ^{99m}Tc -RBC Heart/Lung ratio, LV functional reserve.