

## 《短 報》

## RI 心血管造影による虚血性心疾患における運動負荷時左心機能の検討

栗原 正\* 成田 充啓\* 宇佐美暢久\* 瓦谷 仁志\*  
金尾 啓右\*\* 本田 稔\*\* 小川 正\*\*

**要旨** 健常3例、虚血性心疾患11例に、安静時および運動負荷時にRI心血管造影を施行し、cardiac performance reserveを検討した。坐位で安静時および運動負荷時に、末梢静脈より<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub><sup>-</sup>をbolus注入することにより、<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub><sup>-</sup>の左室第1回通過時の心血管造影を得、これより、左室駆出率および左室壁運動異常の運動負荷前後での変化をみた。健常例では、運動時に駆出率の向上をみた。虚血性心疾患では、運動負荷により、安静時に存在したasynergyの増強または新たなasynergyの出現をみる例が多く、駆出率は平均49.3±9.7%より42.5±10.2%へと低下した。運動負荷 RI 心血管造影は、虚血性心疾患のcardiac performance reserveの判定に有用であり、これらの患者の管理上有用であると考えられた。

### I. 緒 言

虚血性心疾患では、心筋酸素需要と供給のアンバランスにより、局所心筋の虚血を生じ、これに基づき心機能低下が出現することが知られている。従って、安静時のみならず、運動負荷などのストレスの下での心機能、すなわち心予備能(cardiac performance reserve)を知ることが、虚血性心疾患の管理に重要であると考えられる。虚血性心疾患の診断に最も有用とされている冠動脈造影、左室造影は、運動負荷時に行なうことには困難を伴い、一般には行なわれていない。他方、テクネチウム製剤を用いたRI心血管造影は、非侵襲的に、かつ、くり返し左心機能の測定が可能であり、その有用性に関してはすでに多くの報告がある<sup>1)</sup>。われわれは、運動負荷時にRI心血管造影を行ない、これを安静時に得たRI心血管造影所見と比

較することで、虚血性心疾患における心予備能につき検討した。

### II. 対象および方法

対象は健常男子3例(年齢31~54歳)、虚血性心疾患11例で、虚血性心疾患の内訳は、陳旧性貫壁性心筋梗塞7例、陳旧性心内膜下梗塞2例、労作性狭心症2例で、男子9例、女子2例、年齢は42~68歳、平均55歳である。

RI心血管造影は、high resolution collimatorを装着したPho/Gamma HP型シンチカメラとミニコンピューター(シンチパック230)をon-lineで接続し、心電図同期で、リストモードで記録した。

運動負荷 RI 心血管造影は、自転車エルゴメーターを用い、シンチカメラに対し左後斜位60度を保ちながら、坐位にて多段階漸増負荷法<sup>2)</sup>で行なった。負荷中は、胸部双極誘導(CM<sub>5</sub>)により心電図をモニターしつつ、一定の中止基準<sup>2)</sup>に達した時点で、あらかじめ左肘静脈に留置したエラスター針より、<sup>99m</sup>Tc-pertechnetate 20mCi(1.0mL)を10mLのブドウ糖液にて圧注し、bolusとして注入した。注入と同時に運動を中止し、注入直後より30秒間データを採取した。

\* 住友病院内科

\*\* 住友病院アイソトープ室

受付：54年8月24日

最終稿受付：54年11月9日

別刷請求先：大阪市北区中之島5-2-2(番530)

住友病院内科

栗 原 正

安静時 RI 心血管造影は、1週間の間隔をおき、運動負荷時と同様に坐位にて施行した。

採取したデータの処理は、まず、 $^{99m}\text{TcO}_4^-$  の第1回左室通過時の、放射能の最も高い連続せる4～6心拍につき、心電図 R 波より 50 msec の間の画像を加算し、左室拡張終期像を作成、さらに computor による等高線表示を使用し edge detection を行なったが、大動脈弁口部、僧帽弁口部の識別は不完全であるため、time sequential images をも参考とし、manual で描き、左室拡張終期 ROI (region of interest) を作成した。この左室 ROI の周囲に、1 matrix 離して馬蹄形に background ROI を作成した。

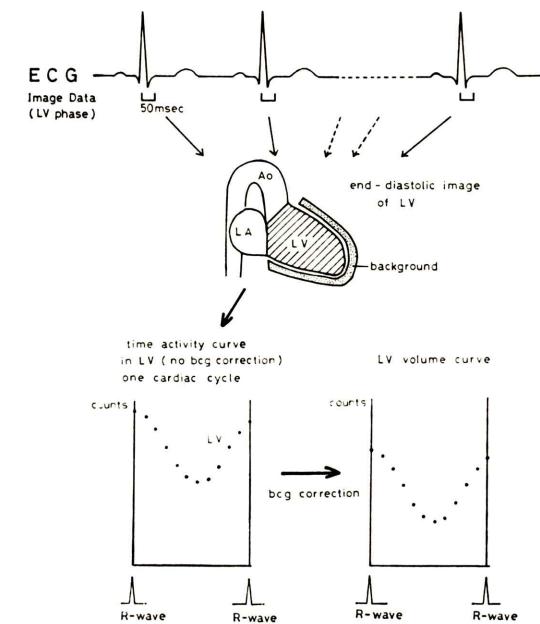
左室放射能のピーク付近の2～3心拍につき、おのおの1心拍間を、心拍数により30ないし50 msec 間隔で左室 ROI の time activity curve を描いた。background activity は、1心拍間を通して一定であると仮定し、R 波より30ないし50 msec の間の background activity を左室 ROI の大きさで補正して求め、これを左室 time activity curve より減じて左室放射容積曲線を作成した。これは、左室容積の変化を示すと考えられることから、この曲線より左室駆出率 (EF) を求めた (Fig. 1)。また、この曲線の谷は左室収縮終期を示すことより、この50 msec の間の画像を、拡張終期像と同一の4～6心拍加算し、左室壁運動異常の存否、程度、広がりなどを検討した。なお、心筋梗塞例では、生体内赤血球標識のため、 $^{99m}\text{TcO}_4^-$  注入前にピロリン酸を静注し、初回 imaging 30分後に、臥位にて右前斜位30度、左前斜位45度で心血管造影を記録した。

### III. 結 果

全例に、十分な運動負荷および安静時 RI 心血管造影を施行、満足すべき、volume curve、左室拡張終期および収縮終期像が得られた。

#### 1. 健常例

健常例では、いずれも安静時、運動負荷時に左室壁の均等な収縮を呈し、かつ、運動負荷時に左室壁運動は亢進し、EF は全例で増加した (Fig. 2)。

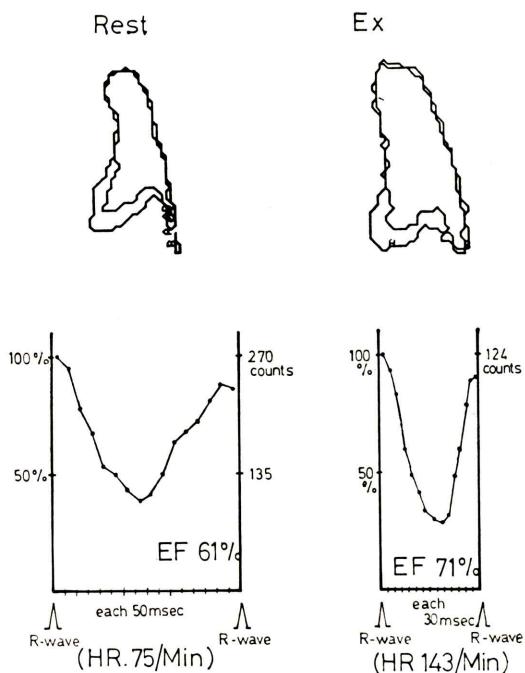


**Fig. 1** Calculation of left ventricular ejection fraction. Left ventricular end-diastolic image is constructed by summing four to six consecutive beats. Time activity curve from left ventricular region in one cardiac cycle is corrected by background activity, and left ventricular volume curve is made. Ejection fraction is computed with this volume curve. Left ventricular image is reversed side to side.

3).

#### 2. 虚血性心疾患

1) 心筋梗塞例 貫壁性心筋梗塞7例全例、心内膜下梗塞2例中1例では、安静時に梗塞部に一致して左室の収縮異常 (asynergy) をみた。この asynergy の部位は、右前斜位でえた asynergy の部位とよく一致し、また、左前斜位で得た EF と左後斜位で得た EF は一致をみた ( $r=0.85$ )。この8例中貫壁性心筋梗塞5例と心内膜下梗塞1例の計6例で、運動負荷により asynergy の増強、もしくは新たな asynergy の出現をみ、EF は減少した。Fig. 4 は前壁中隔梗塞例の成績を示す。安静時に心尖部に akinesis をみたが、運動負荷時には心尖部は dyskinesis となり、前壁に新たな akinesis が出現し、EF は 47% より 38% へと減少した。



K.H.(male) 54 y.o.

**Fig. 2** RI-angiogram and left ventricular volume curve at rest and during exercise in a normal control subject. Wall motion studies composed of computer-generated end-diastolic and end-systolic perimeters. Ejection fraction increases with exercise, and wall motion is normal during both states.

貫壁性心筋梗塞の残り 2 例中 1 例では、安静時に存在した前側壁の小範囲の hypokinesis が運動時に消失し、EF は 53% より 60% へと增加了。残り 1 例は運動負荷により synergy の程度に変化をみず、EF も不变であった。心内膜下梗塞の 1 例では、安静時の壁運動は正常で、運動時にのみ下壁に hypokinesis の出現をみた。

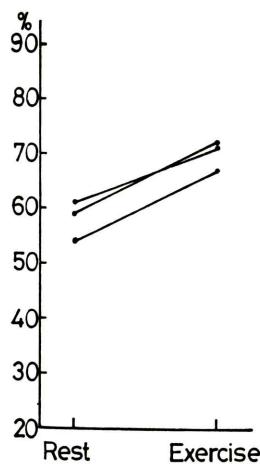
**2) 狹心症例** 狹心症 2 例は、いずれも、運動負荷時に狭心痛の出現、心電図上 ST 低下を示した。2 例共に synergy の出現とともに EF は減少した。

全 11 例の虚血性心疾患例において、EF は安静時平均  $49.3 \pm 9.7\%$  であり、運動負荷により平均  $42.5 \pm 10.2\%$  に低下した (Fig. 3)。

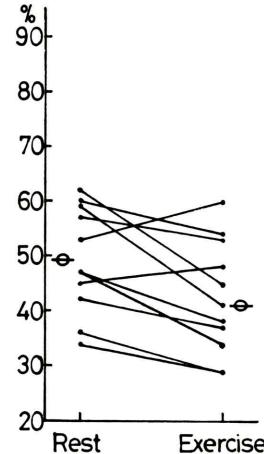
#### IV. 考 案

RI 心血管造影は、1 回の静注により左室駆出率、心拍出量、左室拡張および収縮終期容積などが得られ、また、左室壁運動異常の診断も可能であり、くり返して何度も行なえることから、今や routine 検査としての地位を確立しつつある。現在、RI 心血管造影は equilibrium imaging 法と first pass imaging 法の 2 種類が行なわれているが、われわれの用いた first pass 法は、equilibrium 法

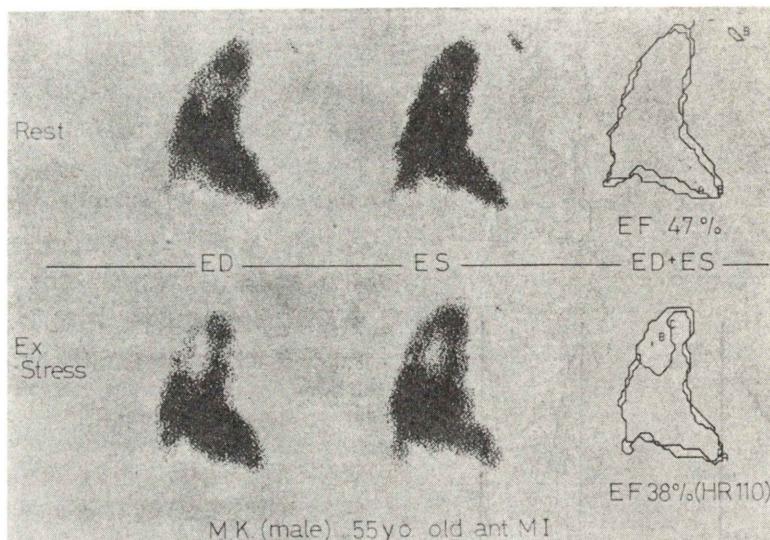
Normal



CAD



**Fig. 3** Ejection fraction at rest and during exercise. Left ventricular ejection fraction increased in all three normals, whereas decreased in the majority of 11 patients with ischemic heart disease.



**Fig. 4** Radionuclide angiogram at rest and during exercise in a patient with old antero-septal myocardial infarction. At rest, apical akinesis is present. During exercise, apical dyskinesis and anterior wall akinesis develops, and ejection fraction decreases from 47% to 28%. Left ventricular image are reversed side to side.

に比し多方向からの imaging が不可能なこと、安静時と負荷時の image が連続して得られにくいこと、count rates の統計的な信頼度が低いなどの欠点はあるものの、左心系と右心系の重なりがないこと、数心拍の間に十分なデータ採取が行なえ、呼吸、体動などの影響を最小にとどめられるという利点をもち、ことに数心拍で十分なデータを採取しうる点は、運動予備能に限界のある虚血性心疾患例で運動負荷 RI 心血管造影を行なう際の最も有利な点であると考えられる。また、われわれは、造影の体位を左後斜位 (LPO) にて行なったが、これは、正面、右前斜位、左前斜位での運動は、collimator との位置関係で患者の姿勢が不自然となり、十分な負荷がかけられないこと、また、本法は弁口部を見分ける上で最良の体位である<sup>3)</sup>ことが主な理由である。心臓の距離が collimator より遠ざかる欠点もあるが、われわれは十分満足しうる心イメージを得ることができた。

運動時の心機能の変化は、健常人では左室収縮性の亢進、駆出率の向上をみたが、虚血性心疾患

では大多数の例で asynergy の増強、または新たな出現をみ、駆出率の低下を示した。これは、虚血性心疾患では cardiac performance reserve の低下があることを示しており、また、負荷中に狭心痛の出現や心電図変化をみなかった例にも同様のことがみとめられ、Berger ら<sup>4)</sup>の報告にもあるように、運動負荷 RI 心血管造影の虚血性心疾患診断における鋭敏性を示していると考えられた。

また、11例中 2 例では、運動時に心機能の向上が認められ、これは、虚血性心疾患という同一のグループに属していても、その cardiac performance reserve には各例で差があり、これらの患者の管理に運動負荷 RI 心血管造影が有用であることを示唆すると考えられた。

#### 参考文献

- 1) 成田充啓、宇佐美暢久、栗原 正、他：心拍運動 RI 心血管造影による左心機能の診断。核医学 **14**: 21-31, 1977
- 2) 栗原 正、宇佐美暢久、成田充啓：エルゴメータによる多段階負荷法の検討。住友医誌 **2**: 12-17, 1975

- 3) Folland ED, Hamilton GL, Larson SM, et al:  
The radionuclide ejection fraction. J Nucl Med  
**18:** 1159-1166, 1977
- 4) Berger HJ, Reduto LA, Johnstone DF, et al: Global  
and regional left ventricular response to bicycle  
exercise in coronary artery disease. Am J Med  
**66:** 13-21, 1979

## Summary

### Assessment of Left Ventricular Function during Exercise in Ischemic Heart Disease by Radionuclide Angiocardiography

Tadashi KURIHARA, Michihiro NARITA, Masahisa USAMI, Hitoshi KAWARADANI,  
Keisuke KANAO, Minoru HONDA and Tadashi OGAWA

*Department of Internal Medicine and Division of Radioisotope, Sumitomo Hospital, Osaka*

To evaluate cardiac performance reserve in patients with ischemic heart disease, radionuclide angiocardiography was performed at rest and during exercise in eleven patients with ischemic heart disease and three normal control subjects.

Exercise radionuclide study was performed on a bicycle ergometer in a sitting position, with graded multistage exercise method, and when one of several endpoints developed, 20mCi of  $^{99m}\text{TcO}^{-4}$  was injected as a bolus, and first pass radionuclide angiocardiogram was obtained with computerized scintillation camera in left posterior oblique position.

At rest, radionuclide angiocardiogram was obtained in a sitting, left posterior oblique position as during exercise.

Data were acquired in list mode at ten millisecond intervals. 50 msec segments from R-wave of four to six consecutive beats at left heart peak radioactivity were summed to form left ventricular end-diastolic image, and left ventricular and background regions of interest were selected. Time activity curve from left ventricular region in one cardiac cycle was corrected by background activity,

and left ventricular volume curve was made. Ejection fraction was computed with this volume curve.

Regional wall motion studies were done with computor-generated end-diastolic and end-systolic perimeters.

In all three normal controls, ejection fraction increased with exercise, and wall motion was normal at both states. While, in the majority of patients with ischemic heart disease, asynergy that was present at rest was worsened or new asynergy developed, and ejection fraction decreased from  $49.3 \pm 9.7\%$  to  $42.5 \pm 10.2\%$  with exercise. It was considered that cardiac performance reserve was depressed in the majority of patients with ischemic heart disease.

In conclusion, radionuclide angiocardiography during exercise was useful in evaluating cardiac performance reserve in patients with ischemic heart disease, and was essential in the management of these patients.

**Key words:** Exercise stress, RI-angiocardiography, Left posterior oblique view, Left ventricular volume curve