

虚血性心疾患における運動負荷心エコー図法の意義：運動負荷心筋シンチグラフィーとの比較

Usefulness of Exercise Echocardiography in Ischemic Heart Disease: Comparison With Exercise Cardiac Scintigraphy

田代 英樹
小柳 左門*¹
楢林 英樹*²
稲生 哲治*²
竹下 彰*²

Hideki TASHIRO, MD
Samon KOYANAGI, MD, FJCC*¹
Hideki NARABAYASHI, MD*²
Tetsuji INOU, MD*²
Akira TAKESHITA, MD, FJCC*²

Abstract

Exercise echocardiography and exercise thallium-201 (²⁰¹Tl) single photon emission computed tomography (SPECT) were performed in 152 patients with suspected coronary artery disease, including 61 patients with old myocardial infarction. All patients underwent coronary arteriography, and coronary artery disease was defined as $\geq 75\%$ diameter stenosis. Digital two-dimensional echocardiography was performed before and after the treadmill exercise test, and wall motion abnormality was evaluated using quad-screen.

Sensitivity and specificity for the diagnosis of coronary artery disease were similar for the 2 exercise tests (77% and 80% for echocardiography and 75%, and 83% for SPECT, respectively). Diagnoses for one-vessel disease, 2-vessel disease and 3-vessel disease were similar for echocardiography (79%, 72% and 77%, respectively) and SPECT (74%, 75% and 77%, respectively). Sensitivity for the diagnosis of ischemia at the area remote from infarct area was low for both exercise echocardiography and exercise SPECT (45% and 48%, respectively).

Exercise echocardiography has comparable diagnostic value to SPECT for the detection of coronary artery disease. However, both exercise tests have limitations for the diagnosis of ischemia at the area remote from infarct area.

J Cardiol 1999; 33(2): 75-79

Key Words

■ Ischemia ■ Stress echocardiography ■ Exercise test ■ Radionuclide imaging

はじめに

運動負荷心エコー図法は、Fogelmanら¹⁾により運動負荷で誘発された壁運動異常をM-mode法にて観察した報告以来、現在まで多数の報告がある²⁻⁵⁾。B-mode法の確立、心エコー装置の発達による画質の向上・デジタル化などの画像処理の発達により、その診断精度は格段に進歩してきた。

一方、心筋虚血の有無を判定する方法として、我が

国では運動負荷 thallium-201 (²⁰¹Tl)心筋シンチグラフィーが最も一般的に用いられ、single photon emission computed tomography (SPECT)の開発などにより精度のより高い診断が可能となってきた。しかし、同一患者で同一プロトコルを用い運動負荷心エコー図法と運動負荷²⁰¹Tl心筋SPECTを比較してその特徴を明らかにした研究は殆どない。Quinonesら⁶⁾は運動負荷心エコー図法と運動負荷心筋SPECTについて比較検討を行い報告したが、新たな心筋虚血の診断が困難と考

聖マリア病院 循環器内科：〒830-8543 福岡県久留米市津福本町422；*¹国立病院九州医療センター 臨床研究部，福岡；*²九州大学医学部 循環器内科，福岡

Division of Cardiology, St. Mary's Hospital, Fukuoka；*¹Clinical Research Institute, National Kyushu Medical Center Hospital, Fukuoka；*²Research Institute of Angiocardiology and Cardiovascular Clinic, Faculty of Medicine, Kyushu University, Fukuoka

Address for reprints: TASHIRO H, MD, Division of Cardiology, St. Mary's Hospital, Tsufuku-honcho 422, Kurume, Fukuoka 830-8543

Manuscript received October 23, 1998; accepted November 9, 1998

えられる陳旧性心筋梗塞(old myocardial infarction: OMI)の既往を持つ症例や梗塞部位の遠隔病変についての検討は十分なされていない。また、各病変枝ごとの詳しい診断についても検討されていない。

本研究の目的は、OMI例を含めた虚血性心疾患全般を対象とした心筋虚血診断における運動負荷心エコー図法の意義を明らかにすることである。

対象と方法

1. 対 象

虚血性心疾患を疑われ入院した患者152例に対し心臓カテーテル検査、運動負荷心エコー図法および運動負荷²⁰¹Tl心筋SPECTを施行した。152症例のうち61症例にOMIの既往があった。平均年齢58.8±10.3歳であり、男性121例、女性31例であった。急性心筋梗塞、不安定狭心症、心不全、冠動脈疾患以外の器質的心疾患の患者および種々の理由でトレッドミルテストを施行出来ない患者は除外した。

検査の施行にあたっては、全ての患者に検査の意義と問題点を説明し同意を得た。

2. 運動負荷テスト

トレッドミルテストはBruce, modified BruceまたはWeberプロトコルを使用した。心電図はトレッドミルテスト中、持続的にモニターし、血圧を各段階ごとに計測した。トレッドミルテストの負荷終了基準は狭心症状、息切れ、下肢疲労などの症状出現、高度の血圧上昇(≥220mmHg)、年齢で補正した目標心拍数、および虚血性心電図変化とした。心エコー図法と²⁰¹Tl心筋SPECTの2つの運動負荷試験は、同一患者については同じトレッドミルプロトコルで行った。また、2つの試験は原則として、1週間以内に行った。

3. 運動負荷心エコー図法

断層心エコー装置は東芝(東京)SSH-160Aを使用した。安静時は左側臥位で標準的な傍胸骨長軸断面像および腱索レベル、乳頭筋レベル、心尖部レベルの短軸断面像および心尖部四腔断面像、心尖部二腔断面像をビデオテープレコーダーに記録した。トレッドミル運動負荷の直後に患者に左側臥位をとらせ、運動負荷後の心エコー図においても上記の像の全てを2分以内に記録した。それぞれの像を記録している間、画像の質

を高めるため一時的に呼吸を止めさせた。壁運動異常の解析については、ビデオテープの画像を画像解析装置(Mipron 1, Kontron Instruments, Everett, USA)に取り込み、負荷前後の画像を四画面同時表示(quad-screen)を行うことにより解析した。負荷によって新たに出現した壁運動異常をもって虚血陽性とし、その部位を判定した。解析は2名以上の検者によって対比し、不一致の場合は再度詳しく検討を行って結論を得た。

4. 運動負荷²⁰¹Tl心筋SPECT

²⁰¹Tl心筋SPECTにおけるトレッドミル運動負荷は、心エコー図と同じプロトコルで行った。トレッドミル運動負荷の終了60秒前に²⁰¹Tlを3mCi静注した。回転型ガンマカメラ(No. 7500, Siemens AG, Erlangen, Germany)にて初期像および遅延像(注射後3-4時間)を32方向から撮像した。短軸、垂直長軸、水平長軸を構成する斜角に合わせて直行する画像を作成した⁷⁾。

Circumferential profileをそれぞれの断面で作成し、極座標のprofileに置き換えて、これらのデータを中心が心尖部で周辺部を心基部としたbull's eyeで表示した。正常の-2.5標準偏差以下を灌流欠損部位と定めた⁷⁾。初期像と遅延像を比較し再分布の有無を確認した。

5. 冠動脈造影

心臓カテーテル検査および冠動脈造影は運動負荷テストの前後1週間以内に行った。冠動脈径はプランニメーターを用いて計測した。主要冠動脈の内径75%以上の狭窄を有意狭窄とした。冠動脈造影の解析は3人以上の熟練した医師が確認した。

6. 統計解析

観察した感度および特異度の差は χ^2 検定にて検定を行い、データは平均±標準偏差で表した。有意水準は $p < 0.05$ とした。

結 果

1. 冠動脈造影データ

152症例中、三枝病変が22例、二枝病変が32例、一枝病変が57例であり、41例には有意狭窄がなかった。

Table 1 Diagnosis of coronary artery disease: Comparison of exercise echocardiography and thallium-201 (²⁰¹Tl) single photon emission computed tomography (SPECT)

	Exercise echocardiography		Exercise ²⁰¹ Tl-SPECT	
	WMA		Ischemia	
	(+)	(-)	(+)	(-)
CAD (+) (n=111)	85	26	83	28
CAD (-) (n=41)	8	33	7	34
Total (n=152)	93	59	90	62

CAD=coronary artery disease; WMA=wall motion abnormality.

Table 2 Sensitivity for the diagnosis of coronary artery disease: Comparison of exercise echocardiography and ²⁰¹Tl-SPECT

	Exercise echocardiography	Exercise ²⁰¹ Tl-SPECT	p value
OMI (+)	79	74	NS
OMI (-)	74	76	NS
1-vessel disease	79	74	NS
2-vessel disease	72	75	NS
3-vessel disease	77	77	NS

Number: %

OMI=old myocardial infarction. Other abbreviation as in Table 1.

2. 運動負荷心エコー図法と運動負荷²⁰¹Tl心筋SPECTとの対比

全症例を対象とした冠動脈病変の診断率は、SPECTによる感度75%、特異度83%であり、負荷心エコー図法ではそれぞれ77%、80%であり、有意差はなかった(**Table 1**)。更にOMIの既往を持った症例群ではSPECTによる感度74%、特異度100%、負荷心エコー図法では感度79%、特異度75%であり、OMIの既往のない患者群ではSPECTによる感度76%、特異度81%であり、負荷心エコー図法では感度74%、特異度81%であり、いずれにおいてもSPECTと負荷心エコー図法との間で有意差はなかった(**Table 2**)。冠動脈病変枝数別による診断率はSPECTと負荷心エコー図法で有意差はなかった(**Table 2**)。

一枝病変の症例について冠動脈枝別の診断感度を検討したが、左前下行枝病変、左回旋枝病変、右冠動脈のいずれの枝についてもSPECTと負荷心エコー図法との間で有意差はなかった(**Table 3**)。多枝病変を持

Table 3 Sensitivity for the coronary arterial lesion in patients with one-vessel disease: Comparison of exercise echocardiography and ²⁰¹Tl-SPECT

	Exercise echocardiography	Exercise ²⁰¹ Tl-SPECT	p value
Left anterior descending artery	80	77	NS
Left circumflex artery	83	67	NS
Right coronary artery	73	73	NS

Number: %

Abbreviation as in Table 1.

つOMIの既往のある症例における非責任冠動脈病変の診断感度はSPECTで48%、負荷心エコー図法で45%といずれも低く、両者の間に有意差はなかった。

考 案

我々は運動負荷心エコー図法による冠動脈疾患の診断率を運動負荷²⁰¹Tl心筋SPECTの結果と対比し、1)OMIの有無にかかわらず、冠動脈疾患診断の感度、特異度ともほぼ同様の診断率であること、2)冠動脈病変枝ごとの比較でも有意差はないこと、3)OMIの症例では遠隔冠動脈病変の診断率が低いが、心筋SPECTでも同様であることを確認した。

運動負荷²⁰¹Tl心筋SPECTは、最も信頼性の高い心筋虚血の診断法として近年広く臨床の場で用いられているが、以上の我々の研究結果から、運動負荷心エコー図法も同様に極めて有用な方法であることが明らかになった。

1. 運動負荷心エコー図法と運動負荷²⁰¹Tl心筋SPECTとの比較

以前より運動負荷心エコー図法とplanar法による運動負荷心筋シンチグラフィーとの比較についての報告はあったが⁸⁾、当時の心エコー図は画像が粗く、デジタル処理も未発達であり診断法として十分ではなかった。また、²⁰¹Tl心筋シンチグラフィーもSPECTの技術がまだ使われておらず、現在の状況とは異なっていたと考えられる。Quinonesら⁶⁾はデジタル画像にて心エコー図法と²⁰¹Tl心筋SPECTを比較し、冠動脈疾患の診断に差がなかったと報告しているが、我々もほぼ同じ結論が得られた。

^{201}Tl 心筋SPECTは血流分布の差を診断し、心エコー図法は血流分布の差から発生する虚血により起こる壁運動異常を診断するという質的な差が存在する。また、 ^{201}Tl 心筋SPECTは最大運動負荷時の心筋虚血を反映するものの、トレッドミル運動負荷心エコー図法では、最大負荷時の心エコー図が撮りにくいという欠点がある。このため、感度は ^{201}Tl 心筋SPECTのほうが高くなると予想されたが、明らかな両者の差はみられなかった。Dipyridamole負荷においては、心エコー図法による診断は ^{201}Tl 心筋SPECTに比べ十分でないことが知られている⁹⁾。このことはdipyridamole負荷ではSPECTで判定出来るような血流分布の異常が生じたとしても、心筋虚血の程度が軽く壁運動異常が生じにくいと考えられる。一方、運動負荷においては、軽度の血流低下の部位であっても、心筋酸素需要の増大があるため壁運動異常を生じやすく、心エコー図法は心筋SPECTと同様の感度を持つことが出来ると考えられる。

2. 心筋梗塞例における検討

今回の我々の検討においてはOMIの有無にかかわらず、運動負荷心エコー図法と運動負荷 ^{201}Tl 心筋SPECTの間で虚血の診断に差がないことが明らかになった。しかし、多枝病変のOMI症例における遠隔病変については両検査法とも診断精度が低かった。これは、検査方法の問題というよりむしろ運動負荷法の限界である可能性が考えられる。今回の研究において、運動負荷法はトレッドミル法を用い心電図および症状などを注意深く観察しながら行った。したがって、最も狭窄度の強い部位が虚血に陥った時点でST-T変化など心電図変化が生じると考えられるが、その時点で運動負荷を中止したため、他の部位において虚血が発生していない可能性が考えられる。Marwickら¹⁰⁾は29例と比較的少人数を対象とした研究で、症状限界性(symptom limited)の運動負荷を行った負荷心エコー図法にて心筋梗塞の遠隔病変の感度が72%であったと報告しており、我々の成績に比べて高い。OMI患者では胸痛に対して、無症候性となることが多く、また胸痛がある場合でもST-T変化よりも出現が遅れるため、症状限界性の負荷を行った場合には梗塞領域だけでなく、遠隔病変の領域も虚血を起こした可能性が高いと考えられる。

OMIの既往のある患者において遠隔病変の有無をみるためには、負荷の方法に更に工夫が必要であると考えられる。

3. 運動負荷心エコー図法と他の負荷心エコー図法の違い

負荷心エコー図法には、運動負荷と薬物負荷があり、薬物負荷としては、dobutamineおよびdipyridamoleが主に使われている。運動負荷は負荷方法が生理的であること、患者の心理的抵抗が少ないなどの長所があるが、薬物負荷と比較し、呼吸の影響を受けやすい。また、トレッドミルによる運動負荷は臥位エルゴメーターなどと比較し強い負荷はかけることが出来るが、負荷直後の記録であり、また短時間で記録する必要があるなどの制約が多いため、術者に熟練を要する。しかし、Beleslinら¹¹⁾は同一患者にて運動、dobutamineおよびdipyridamoleの負荷を行って、運動負荷がdobutamineやdipyridamoleよりも診断精度に優れていたと報告している。しかし、薬物負荷は運動負荷の出来ない患者でも施行出来、行動や呼吸による画質の低下を招くことがないなどの利点がある¹²⁾。

4. 本研究の限界

我々は同一患者では、心エコー図法と ^{201}Tl 心筋SPECTで同じ運動負荷のプロトコルを使った。しかしながら、 ^{201}Tl は運動負荷のピークで注射するのに対し、心エコー図法は運動負荷後に行うので、わずかな異常や速やかに回復する壁運動異常の検出率が低くなる可能性がある¹³⁾。しかし、運動負荷 ^{201}Tl 心筋SPECTと比較して診断精度に差がないことから、このような症例は比較的少数例であることが予想される。

いままでの多くの運動負荷心エコー図法の対比研究では、冠動脈造影が基準として使われた²⁻⁵⁾。しかしながら、冠動脈造影によって判定される冠動脈狭窄の程度は心筋虚血の程度と必ずしも比例しない。今回の我々の研究でも冠動脈造影を基準として用いたが、flow reserveの測定結果や血管内エコー図法などによる狭窄度と比較したほうが狭窄の程度をより正確に把握出来ると思われる。しかし、現在も冠動脈造影は冠動脈病変の重症度の基準として用いられているものであるため、これに対する検討を行うことは極めて重要

なことであると考えられる。

結 論

運動負荷心エコー図法は運動負荷²⁰¹Tl心筋SPECTと比較して冠動脈疾患の診断に同程度の精度を持つ検

査である。ただし、両検査法ともOMI例における遠隔病変の感度については低かった。これは運動負荷心エコー図法の限界と考えられる。今後、負荷方法などを更に検討する必要があると思われる。

要 約

虚血性心疾患を疑われた患者152例に運動負荷心エコー図法と運動負荷²⁰¹Tl心筋SPECTを行った。このうち、陳旧性心筋梗塞の患者は61例であった。全ての症例で冠動脈造影を行い、内径75%以上の狭窄を有意狭窄とした。運動負荷心エコー図法はトレッドミル運動負荷テストの前後でデジタル断層心エコー図を撮像し、壁運動異常はquad-screenを用いて検討した。

冠動脈病変に対する感度と特異度は、心エコー図法で77%と80%、²⁰¹Tl心筋SPECTでは75%と83%であり、2つの検査の間に有意差はなかった。冠動脈病変枝数別の診断率は心エコー図法では一枝病変79%、二枝病変72%、三枝病変77%、²⁰¹Tl心筋SPECTではそれぞれ74%、75%、77%であり、有意差はなかった。陳旧性心筋梗塞症例における遠隔病変における虚血の診断に対する感度も心エコー図法で45%、²⁰¹Tl心筋SPECTで48%と有意差はみられなかった。

運動負荷心エコー図法は運動負荷²⁰¹Tl心筋SPECTと同等の診断精度を持つ検査であることが明らかになった。ただし、心エコー図法および²⁰¹Tl心筋SPECTともに陳旧性心筋梗塞症例の遠隔病変に対する虚血の診断には限界があると考えられた。

J Cardiol 1999; 33(2): 75-79

文 献

- 1) Fogelman AM, Abbasi AS, Pearce ML, Kattus AA: Echocardiographic study of the abnormal motion of the posterior left ventricular wall during angina pectoris. *Circulation* 1972; **46**: 905-913
- 2) Crouse LJ, Harbrecht JJ, Vacek JL, Rosamond TL, Kramer PH: Exercise echocardiography as a screening test for coronary artery disease and correlation with coronary arteriography. *Am J Cardiol* 1991; **67**: 1213-1218
- 3) Pozzoli MMA, Fioretti PM, Salustri A, Reijs AEM, Roelandt JRTC: Exercise echocardiography and technetium-99m MIBI single-photon emission computed tomography in the detection of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1991; **67**: 350-355
- 4) Armstrong WF, O'Donnell J, Ryan T, Feigenbaum H: Effect of prior myocardial infarction and extent and location of coronary disease on accuracy of exercise echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1987; **10**: 531-538
- 5) Limacher MC, Quinones MA, Poliner LR, Nelson JG, Winters WL Jr, Waggoner AD: Detection of coronary artery disease with exercise two-dimensional echocardiography: Description of a clinically applicable method and comparison with radionuclide ventriculography. *Circulation* 1983; **67**: 1211-1218
- 6) Quinones MA, Verani MS, Haichin RM, Mahmarian JJ, Suarez J, Zoghbi WA: Exercise echocardiography versus ²⁰¹Tl single-photon emission computed tomography in evaluation of coronary artery disease: Analysis of 292 patients. *Circulation* 1992; **85**: 1026-1031
- 7) Mahmarian JJ, Pratt CM, Cocanougher MK, Veran MS: Altered myocardial perfusion in patients with angina pectoris or silent ischemia during exercise as assessed by quantitative thallium-201 single-photon emission computed tomography. *Circulation* 1990; **82**: 1305-1315
- 8) Maurer G, Nanda NC: Two dimensional echocardiographic evaluation of exercise-induced left and right ventricular asynergy: Correlation with thallium scanning. *Am J Cardiol* 1981; **48**: 720-727
- 9) Dagianti A, Penco M, Agati L, Sciomer S, Dagianti A, Rosanio S, Fedele F: Stress echocardiography: Comparison of exercise, dipyridamole and dobutamine in detecting and predicting the extent of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1995; **26**: 18-25
- 10) Marwick TH, Nemecek JJ, Pashkow FJ, Stewart WJ, Salcedo EE: Accuracy and limitations of exercise echocardiography in a routine clinical setting. *J Am Coll Cardiol* 1992; **19**: 74-81
- 11) Beleslin BD, Ostojic M, Stepanovic J, Djordjevic-Dikic A, Stojkovic S, Nedeljkovic M, Stankovic G, Petrasinovic Z, Gojkovic L, Vasiljevic-Pokrajcic Z, Nedeljkovic S: Stress echocardiography in the detection of myocardial ischemia: Head-to-head comparison of exercise, dobutamine, and dipyridamole tests. *Circulation* 1994; **90**: 1168-1176
- 12) Geleijnse ML, Fioretti PM, Roelandt JRTC: Methodology, feasibility, safety and diagnostic accuracy of dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1997; **30**: 595-606
- 13) Ryan T, Feigenbaum H: Exercise echocardiography. *Am J Cardiol* 1992; **69**: 82H-89H