

## 運動負荷心エコー図法による心筋 バイアビリティの診断

## Diagnosis of Myocardial Viability by Exercise Echocardiography

平野 豊  
山本 忠彦  
上原 久和  
小笹 義尚  
山田 覚  
井川 寛  
石川 欽司

Yutaka HIRANO, MD  
Tadahiko YAMAMOTO, MD  
Hisakazu UEHARA, MD  
Yoshihisa OZASA, MD  
Satoru YAMADA, MD  
Hiroshi IKAWA, MD  
Kinji ISHIKAWA, MD, FJCC

### Abstract

This study determined whether the diagnosis of myocardial viability could be established on the basis of the contractile reserve during low level exercise with an ergometer using echocardiography.

The study involved 22 patients with transmural old myocardial infarction who underwent exercise echocardiography, followed by coronary intervention after a mean 4 days. Exercise echocardiography was started from 50W and stepped up by 25W every 3 min up to a maximum of 150W. Low level exercise was administered for 1 to 2 min at 50W. A 16-segment model was used for the left ventricular wall motion, which was evaluated by five-grade scoring, ranging from normokinesis to dyskinesis. If patients showed improvement by one point or more in the score for segments of dyskinesis, akinesis, or severe hypokinesis on the exercise echocardiography, they were considered to have positive viability. The golden standard for the diagnosis of myocardial viability was that wall motion abnormalities before exercise echocardiography should be improved by one point or more after coronary intervention.

Before exercise echocardiography, there were 152 segments showing wall motion abnormalities assessed as severe hypokinesis or more. After coronary intervention, improvement of the wall motion by one grade or more was found in 2 of the 18 segments (11%) for dyskinesis, in 38 of the 96 segments (40%) for akinesis, and in 22 of the 38 segments (58%) for severe hypokinesis; improvement for the segments of severe hypokinesis was significantly better than those for dyskinesis and akinesis.

Out of 19 segments with akinesis before exercise echocardiography in which wall motion was improved during low level exercise, 16 segments (84%) showed improvement in wall motion after coronary intervention. Out of 77 segments with akinesis before exercise echocardiography in which no change or worsening was seen during low level exercise, 22 segments (29%) showed improved wall motion after coronary intervention.

There were 38 segments with severe hypokinesis before exercise echocardiography; out of 12 segments in which wall motion was improved during low level exercise, 7 segments (58%) showed improved wall motion after coronary intervention. Out of 26 segments with severe hypokinesis before exercise echocardiography in which no change or worsening was seen during low level exercise, 11 segments (42%) showed improved wall motion after coronary intervention.

Wall motion was improved after coronary intervention in 20 of 25 segments (80%) that showed the biphasic response, in 4 of 7 segments (57%) that showed improvement, in 14 of 43 segments (33%) that showed worsening, in 24 of 77 segments (31%) for no change; the biphasic response showed a significantly higher improvement compared to worsening or no change.

If segments in which wall motion was improved during low level exercise are regarded as positive viability segments, occurrences of the sensitivity, specificity and diagnostic accuracy of myocardial viability were 50%, 84%, and 71%, respectively.

近畿大学医学部 第一内科: 〒589-8511 大阪府大阪狭山市大野東377-2

The First Department of Internal Medicine, Kinki University School of Medicine, Osaka

Address for reprints: HIRANO Y, MD, The First Department of Internal Medicine, Kinki University School of Medicine, Onohigashi 377-2, Osaka-sayama, Osaka 589-8511

Manuscript received December 24, 1998; revised April 21, 1999; accepted June 7, 1999

The diagnosis of myocardial viability by echocardiography under the administration of low level exercise has high specificity but low sensitivity.

*J Cardiol* 1999; 34(3): 113-120

## Key Words

■Coronary artery disease    ■Stress echocardiography    ■Exercise  
■Myocardial hibernation (viability)

### はじめに

近年、心筋梗塞後の血行再建術の普及とともに心筋バイアビリティの有無を診断することが非常に重要になってきた。つまり心筋梗塞後の心筋が完全に壊死の状態か、あるいは気絶心筋<sup>1)</sup>か冬眠心筋<sup>2)</sup>かどうかを診断する必要がある。心筋バイアビリティの判定法として、低用量ドブタミン負荷で収縮予備能をみる方法が有用であることが、近年数多く報告されている<sup>3-5)</sup>。

今回、我々は臥位エルゴメーターを用いて多段階の運動負荷を行い、軽労作の時点での収縮予備能を断層心エコー図で評価し、心筋バイアビリティが判定できるか否かを検討したので報告する。

### 対象と方法

#### 1. 対象

1994年11月-1997年9月の間に当施設で運動負荷心エコー図法を行い、その数日後(平均4日後)に冠血管形成術を行い、確認期に再度冠動脈造影を施行し、同部位の冠動脈狭窄が50%以下であった貫壁性陳旧性心筋梗塞患者22例を対象とした。冠血管形成術の適応は術前の運動負荷 thallium-201 (<sup>201</sup>Tl)心筋シンチグラムもしくは運動負荷心エコー図法で心筋バイアビリティが確認された症例とした。確認期と同時期に断層心エコー図を施行して冠血管形成術後の壁運動改善を評価した。平均年齢は54±9歳で、前壁梗塞が20例、下壁梗塞が2例であった。心筋梗塞発症から冠血管形成術施行まで平均98±46日、冠血管形成術施行から確認期まで平均230±134日であった。冠血管形成術前の冠動脈狭窄は平均76±10%であった。患者背景を Table 1 に示す。

#### 2. 方法

##### 1) 運動負荷心エコー図法

運動負荷心エコー図法は、施行前に被検者にその方法、有用性、副作用について説明し、承諾を得たのち

に施行された。本検査は当日の朝は絶食で、すべての症例において午前中に施行された。血圧、心電図、断層心エコー図は1分ごとに記録した。American Echo製エルゴメーター付きエコーベッドを用い、臥位エルゴメーターを行った。患者の上体は20-30°の軽度左側臥位とした。50Wから開始、3分ごとに25Wずつ増加し、最高150Wまでとした。軽労作は50W 1分から2分の間とした。下肢疲労、呼吸困難、胸痛の出現、心電図上J点から80msecで0.2mV以上のST低下、壁運動異常出現時には途中で中止とした。

##### 2) 断層心エコー図の解析

断層心エコー図はHewlett Packard製SONOS-1500を使用し、超音波発信周波数2.5または3.5MHzの探触子を用い、第3-4肋間胸骨左縁から長軸像、短軸像、心尖部から四腔断面、二腔断面像を描出した。TomTec製デジタル画像解析装置Prism5000を使用し、心電図同期により1心拍、R波から収縮期のみを50msec間隔もしくは33msecで8画面取り込み、同一画面上に負荷前と軽労作時、最大労作時の断面をループ再生して判定した。左室壁運動の解析は左室を16分割し<sup>6)</sup>、おのおのの分画を5段階(奇異性壁運動: 4, 壁運動消失: 3, 重度の壁運動低下: 2, 壁運動低下: 1, 正常または壁運動亢進: 0)にスコア化し壁運動スコアとした。壁運動はAfridiら<sup>5)</sup>の報告に従い改善悪化、改善、悪化、変化なしの4つに分類し、それぞれ確認期の断層心エコー図上の壁運動の改善の有無と比較した。

運動負荷心エコー図上のバイアビリティの診断基準は奇異性壁運動、壁運動消失もしくは重度の壁運動低下の分画が軽労作で1スコア以上改善したものとした。また心筋バイアビリティのゴールドスタンダードとしては、運動負荷心エコー図前の壁運動異常が、確認期に施行した断層心エコー図で1スコア以上改善したものをバイアビリティありとした。

##### 3) 冠血管形成術と冠動脈造影検査

冠動脈造影はJudkinsカテーテルを用いて施行し、

Table 1 Patient characteristics

Number of patients	22
Male: female	19: 3
Age (yr)	54±9
Infarct site (anterior: inferior)	20: 2
Number of vessels involved (1: 2: 3)	16: 5: 1
Intervention (PTCA: DCA: Stent)	17: 2: 3
Segment of intervention	
Segment 1	1
Segment 6	14
Segment 7	6
Segment 12	1
Diameter stenosis of coronary artery before intervention (%)	76±10
Day of intervention after onset of MI	98±46
Day of echocardiography test after intervention	230±134

Values are mean ± SD.

PTCA=percutaneous transluminal coronary angioplasty; DCA=directional coronary atherectomy; MI=myocardial infarction.

経皮的冠動脈形成術，方向性冠動脈粥腫切除術は既存の方法で行った。ステントは全例に Palmaz-Schatz ステントを冠動脈内に挿入した。冠動脈狭窄は硝酸イソソルビド 1.0mg を 1 分間で冠動脈内注入し，3 分後に 3 方向以上造影して判定した。冠動脈狭窄度は MEDIS 製 CMS-QCA システムを用い定量的に計測した。

#### 4) 統計学的分析

平均値は平均±標準偏差で表示し，統計処理は  $\chi^2$  検定と Fisher の直接確率計算および Student *t* 検定により  $p < 0.05$  を有意差の判定とした。

## 結 果

### 1. 血行動態

心拍数は安静時で  $63 \pm 10/\text{min}$ ，50W 1 分で  $84 \pm 10/\text{min}$ ，50W 2 分で  $87 \pm 10/\text{min}$  と増加し，最大負荷時には  $120 \pm 19/\text{min}$  へと増加した。収縮期血圧は安静時で  $117 \pm 13 \text{ mmHg}$ ，50W 1 分で  $124 \pm 15 \text{ mmHg}$ ，50W 2 分で  $130 \pm 17 \text{ mmHg}$  と増加し，最大負荷時には  $163 \pm 22 \text{ mmHg}$  まで増加した。ダブルプロダクト (rate pressure product) は安静時で  $7.5 \pm 1.7 \times 10^3 \text{ beats/min} \cdot \text{mmHg}$ ，50W 1 分で  $10.6 \pm 1.9 \times 10^3 \text{ beats/min} \cdot \text{mmHg}$ ，50W 2 分で  $11.5 \pm 2.4 \times 10^3 \text{ beats/min} \cdot \text{mmHg}$  となり，最大負荷時には  $19.7 \pm 4.9 \times 10^3 \text{ beats/min} \cdot \text{mmHg}$  で

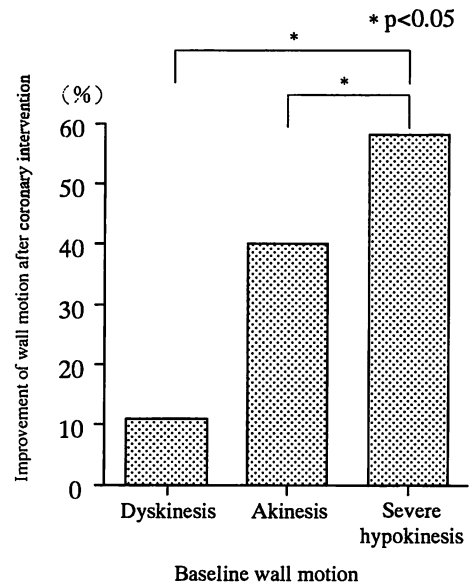


Fig. 1 Relationship between baseline wall motion and improvement of wall motion after coronary intervention

あった。

### 2. 負荷前の壁運動異常と確認期の壁運動改善

負荷前に重度の壁運動低下以上の壁運動異常の分画は 152 分画あり，その内訳は奇異性壁運動が 18 分画 (12%)，壁運動消失が 96 分画 (63%)，重度の壁運動低下が 38 分画 (25%) であった。確認期に 1 スコア以上の壁運動改善がみられたのは奇異性壁運動では 18 分画中 2 分画 (11%)，壁運動消失では 96 分画中 38 分画 (40%)，重度の壁運動低下では 38 分画中 22 分画 (58%) であり，重度の壁運動低下や壁運動消失の分画は奇異性壁運動の分画より有意によく改善した ( $p < 0.05$ ; Fig. 1)。

### 3. 軽労作での壁運動の改善と心筋バイアビリティ

負荷前に奇異性壁運動を示した分画のうち軽労作で壁運動が改善したのはなかった。負荷前に壁運動消失であった 96 分画のうち軽労作で壁運動が改善したのは 19 分画 (20%) であり，それらのうち 16 分画 (84%) で確認期に壁運動が改善した (Fig. 2)。一方，残りの負荷前に壁運動消失であって軽労作で壁運動が不変もしくは悪化した分画は 77 分画 (80%) あり，これらのうち 22 分画 (29%) で確認期に壁運動が改善した (Fig.

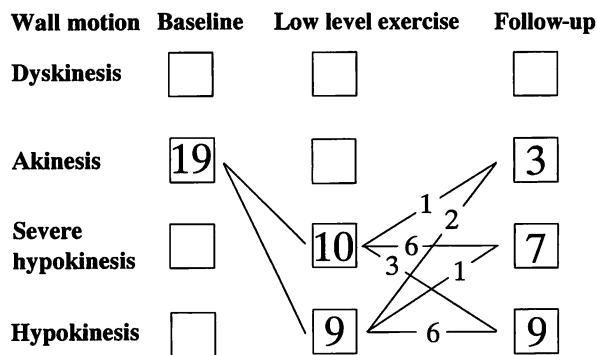


Fig. 2 Changes in akinetic segments at baseline and improvement during low level exercise

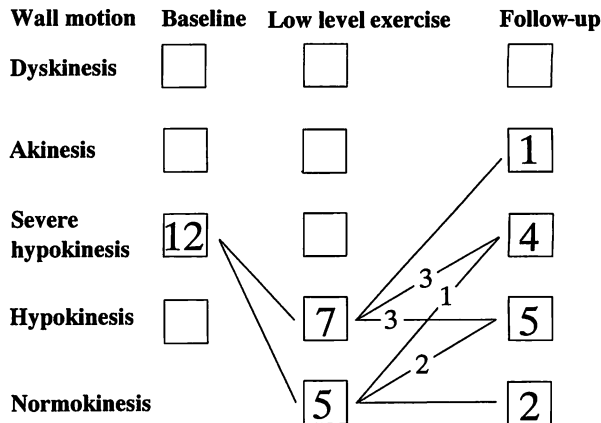


Fig. 4 Changes in severe hypokinetic segments at baseline and improvement during low level exercise

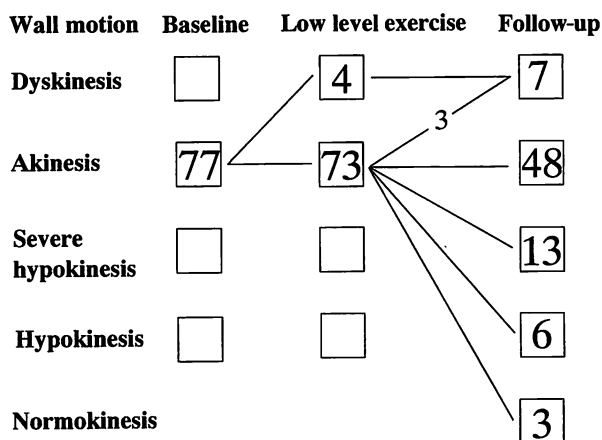


Fig. 3 Changes in akinetic segments at baseline and worsening or no change during low level exercise

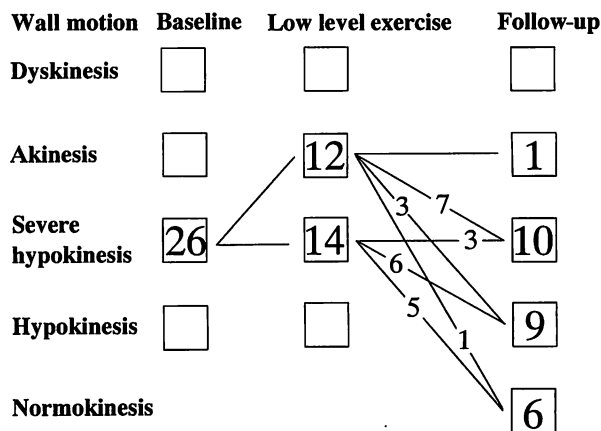


Fig. 5 Changes in severe hypokinetic segments at baseline and worsening or no change during low level exercise

3).

負荷前に重度の壁運動低下であった38分画のうち、軽労作で壁運動が改善したのは12分画(32%)あり、これらのうち7分画(58%)で確認期に壁運動が改善した(Fig. 4)。一方、残りの負荷前に重度の壁運動低下であって、軽労作で壁運動が不変もしくは悪化したのは26分画(68%)あり、これらのうち15分画(58%)で確認期に壁運動は改善した(Fig. 5)。

4. 壁運動の分類と確認期の壁運動の改善

運動負荷心エコー図で改善悪化を示したのは全152分画中25分画(16%)であり、改善を示したのは7分画(5%)、悪化を示したのは43分画(28%)、変化なしを

示したのは77分画(51%)であった。確認期の壁運動の改善は改善悪化を示した25分画中20分画(80%)、改善を示した7分画中4分画(57%)、悪化を示した43分画中14分画(33%)、変化なしを示した77分画中24分画(31%)で認められた(Fig. 6)。改善悪化を示した分画と悪化を示した分画、変化なしを示した分画との間には有意な差が認められた ( $p < 0.01$ )。

負荷前に奇異性壁運動であった18分画すべてが変化なしであった。その中で2分画(11%)で確認期に壁運動消失になった。

負荷前に壁運動消失であった分画で改善悪化を示し

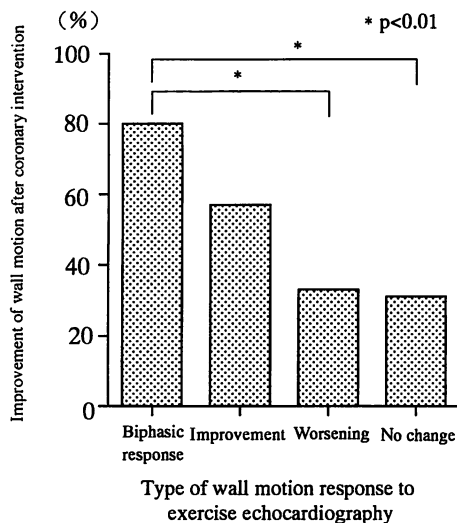
**Table 2 Relationship between type of wall motion response to exercise echocardiography and improvements of wall motion after coronary intervention**

Baseline wall motion	Biphasic response	Improvement	Worsening	No change
Akinesis (%)	93(14/15)	50(2/4)	20(5/25)*	33(17/52)*
Severe hypokinesis (%)	60(6/10)	67(2/3)	50(9/18)	71(5/7)

\* $p < 0.01$  vs biphasic response of akinesis.

**Table 3 Diagnosis of myocardial viability in exercise echocardiography**

Wall motion score at baseline	Sensitivity	Specificity	Accuracy	Predictive value	
				Positive	Negative
Akinesis (%)	42(16/38)	95(55/58)	74(71/96)	84(16/19)	71(55/77)
Akinesis + dyskinesis (%)	40(16/40)	90(71/79)	73(87/119)	67(16/24)	75(71/95)
Akinesis + dyskinesis + severe hypokinesis (%)	50(31/62)	84(76/90)	70(107/152)	69(31/45)	71(76/107)

**Fig. 6 Relationship between type of wall motion response to exercise echocardiography and improvement of wall motion after coronary intervention**

た15分画中14分画(93%),悪化の25分画中5分画(20%),変化なしの52分画中17分画(33%),改善の4分画中2分画(50%)で確認期に壁運動は改善した。

一方、負荷前に重度の壁運動低下であった分画で確認期に壁運動が改善したのは改善悪化が10分画中6分画(60%),改善が3分画中2分画(67%),悪化が18分画中9分画(50%),変化なしが7分画中5分画(71%)であった(Table 2)。改善悪化と悪化、変化なしの各

分画の間には有意な差が認められた( $p < 0.01$ )。

### 5. 心筋バイアビリティ診断の感度, 特異度, 正診率

軽労作で壁運動が改善した分画をバイアビリティありとすると、確認期の壁運動改善は、壁運動消失の分画では感度42%, 特異度95%, 正診率74%, 壁運動消失および奇異性壁運動の分画では感度40%, 特異度90%, 正診率73%, 壁運動消失, 奇異性壁運動と重度の壁運動低下の分画では感度50%, 特異度84%, 正診率70%で診断できた(Table 3)。

## 考 案

心筋バイアビリティを診断する方法として, positron emission computed tomography(PET)<sup>7,8)</sup>, <sup>201</sup>Tl心筋シンチグラム<sup>9-12)</sup>, ドブタミン負荷心エコー図法<sup>3-5)</sup>, コントラスト心エコー図法<sup>13)</sup>, ジピリダモール心エコー図法<sup>14)</sup>, integrated backscatter<sup>15)</sup>などの報告があり, それぞれ糖の代謝, 心筋細胞膜の機能, 収縮予備能, 微小循環, 収縮予備能, 心筋組織性状を計測あるいは診断している。とくにドブタミン負荷心エコー図法では段階的に用量を増加させて, 低用量で収縮が改善すれば心筋バイアビリティありと診断する。一方, 低用量で収縮が改善するが高用量で悪化するような部位は生存しているが虚血にさらされた心筋と診断できる。一方, 低用量ドブタミン負荷心エコー図法以外に収縮予備能をみる方法としては, 期外収縮後心収縮機能亢進

で評価する方法<sup>16,17)</sup>やニトログリセリンによる壁運動改善をみる方法<sup>18)</sup>などがある。エルゴメーターを用いた運動負荷心エコー図法では段階的に壁運動が評価できるので、低用量ドブタミン負荷のように軽労作の時点での収縮予備能を評価することにより、心筋バイアビリティが診断できるのかと考えられるが、その報告<sup>19)</sup>はまだ少ない。

今回の結果からは、負荷前から奇異性壁運動の分画は軽労作で壁運動が改善した分画はなく、また確認期にもほとんど改善はなかった。したがって、奇異性壁運動の分画はバイアビリティはほとんどないと考えられる。

負荷前に壁運動消失の分画であって軽労作で壁運動が改善した分画は、確認期に約84%の分画で壁運動は改善した。したがって、負荷前に壁運動消失の分画でも軽労作で壁運動改善がみられれば高率にバイアビリティの存在を示唆された。一般に重度の壁運動低下であればある程度心筋バイアビリティの存在が考えられるため、壁運動消失の部位での心筋バイアビリティを診断することが临床上重要である。今回の結果からとくに壁運動消失の部位のバイアビリティの診断に運動負荷心エコー図法が有用であることが示された。

負荷前に重度の壁運動低下の分画では確認期には58%の分画で壁運動は改善していた。また負荷前に重度の壁運動低下で運動負荷心エコー図で改善悪化、改善、悪化、変化なしの4種類の壁運動変化を示す分画は、いずれも50-71%で確認期に壁運動が改善しており、明らかな差はなかった。Arneseら<sup>20)</sup>によれば、重度の壁運動低下の部位でも、低用量ドブタミン負荷で壁運動の改善がみられれば確認期に19分画中15分画(79%)の改善がみられたが、壁運動の改善がみられなければ25分画中1分画(4%)でしか確認期に壁運動の改善はなかったと報告している。運動負荷心エコー図法では、負荷前に重度の壁運動低下を示す分画は、軽労作で壁運動が改善しても不変もしくは悪化しても、比較的高率に心筋バイアビリティが存在しており、それらの鑑別が困難であった。

今回の結果からは、改善悪化を示した分画で高率に確認期の壁運動改善がみられており、運動負荷心エコー図法で改善悪化を示した分画は高率に心筋バイアビリティが存在していることを示していると考えられ

る。この結果はAfridiら<sup>5)</sup>の低用量ドブタミン負荷の報告と同様であった。

Bonow<sup>21)</sup>は、過去の報告からFDG-PETの6報告164例、<sup>201</sup>Tl心筋シンチグラム13報告378例、ドブタミン負荷心エコー図法15報告402例における心筋バイアビリティの診断精度をまとめた。それによると陽性適中率と陰性適中率はFDG-PETでそれぞれ82%、83%、<sup>201</sup>Tl心筋シンチグラムで69%、90%、ドブタミン負荷心エコー図法では83%、81%と報告している。

今回の結果から、運動負荷心エコー図法での心筋バイアビリティの診断は特異度は高いものの感度が低く、ドブタミン負荷心エコー図法の診断精度を超えるような結果ではなかった。その理由としては、冠血管形成術前の冠動脈狭窄が高度な場合、軽労作の時点ですでに心筋虚血が誘発され、壁運動の改善が観察できず、壁運動が不変もしくは増悪してしまうことがあることが考えられる。しかし本法は生理的運動負荷であり、点滴ルートを必要とせず、ドブタミン負荷心エコー図法よりさらに非侵襲的な方法といえる。今後の検討課題として、50W以下のさらに軽労作の時点での壁運動を評価することにより、心筋バイアビリティの感度が改善するか否か、またドブタミン負荷心エコー図法時にニトログリセリンを併用することにより心筋バイアビリティの診断精度が上昇したと報告<sup>22)</sup>されていることから、ニトログリセリン併用下に運動負荷を行うことにより、心筋バイアビリティの診断精度の上昇が期待できるか否か、また本法とドブタミン負荷心エコー図法を組み合わせることで施行することにより、より正確で簡便に心筋バイアビリティの診断が可能となるか否かなどが挙げられる。

## 結 論

貫壁性陳旧性心筋梗塞患者22例に運動負荷心エコー図法を行い、収縮予備能から心筋バイアビリティの診断を行った。軽労作で壁運動が改善した分画をバイアビリティありとすると、確認期の壁運動改善は壁運動消失、奇異性壁運動および重度の壁運動低下の分画では感度50%、特異度84%、正診率70%と診断できた。以上より運動負荷心エコー図法による心筋バイアビリティ診断は、特異度は高値だが、感度はやや低値であった。

## 要 約

臥位エルゴメーター運動負荷心エコー図法を用い、軽労作の時点での収縮予備能から心筋バイアビリティが診断可能か否かを検討した。

貫壁性陳旧性心筋梗塞患者に運動負荷心エコー図法を施行し、その平均4日後に冠血管形成術(梗塞発症から平均98日)を行い、確認期(冠血管形成術から平均230日)に再度冠動脈造影と断層心エコー図を施行した22例を対象とした。臥位エルゴメーター運動負荷心エコー図法は50Wから開始し、3分ごとに25Wずつ増加した。軽労作は50W 1分から2分の間とした。左室壁運動は16分割モデルを用い、正常から奇異性壁運動まで5段階のスコアリングを行った。運動負荷心エコー図上のバイアビリティの診断基準は奇異性壁運動、壁運動消失もしくは重度の壁運動低下の分画が軽労作で1スコア以上改善したものをバイアビリティありと判定した。また心筋バイアビリティのゴールデンスタンダードは、運動負荷心エコー図施行前の壁運動異常が確認期の心エコー図で1スコア以上改善したものとした。

負荷前に重度の壁運動低下以上の壁運動異常があったのは152分画であり、確認期の1スコア以上の壁運動改善は奇異性壁運動では18分画中2分画(11%)、壁運動消失では96分画中38分画(40%)、重度の壁運動低下では38分画中22分画(58%)でみられ、重度の壁運動低下の分画は奇異性壁運動や壁運動消失の分画より有意によく改善した。

負荷前に壁運動消失であった96分画のうち軽労作で壁運動が改善した19分画中16分画(84%)で確認期に壁運動が改善した。一方、残りの負荷前に壁運動消失であって軽労作で不変もしくは悪化した77分画中22分画(29%)で確認期に壁運動は改善した。負荷前に重度の壁運動低下であった38分画のうち、軽労作で壁運動が改善した12分画中7分画(58%)で確認期に壁運動は改善した。一方、残りの負荷前に重度な壁運動低下であって軽労作で壁運動が不変もしくは悪化した26分画中11分画(42%)で確認期に壁運動は改善した。

確認期に壁運動が改善したのは改善悪化が25分画中20分画(80%)、改善が7分画中4分画(57%)、悪化が43分画中14分画(33%)、変化なしが77分画中24分画(31%)であり、改善悪化が悪化や変化なしに比べ有意に改善した。軽労作で壁運動が改善した分画をバイアビリティありとすると、確認期の壁運動改善は、感度50%、特異度84%、正診率70%と診断できた。

以上より運動負荷心エコー図法による心筋バイアビリティ診断は、特異度は高値だが、感度は低かった。

*J Cardiol* 1999; 34(3): 113-120

## 文 献

- Braunwald E, Kloner RA: The stunned myocardium: Prolonged, postischemic ventricular dysfunction. *Circulation* 1982; **66**: 1146-1149
- Braunwald E, Rutherford JD: Reversible ischemic left ventricular dysfunction: Evidence for the "hibernating myocardium". *J Am Coll Cardiol* 1986; **8**: 1467-1470
- La Canna G, Alfieri O, Giubbini R, Gargano M, Ferrari R, Visioli O: Echocardiography during infusion of dobutamine for identification of reversible dysfunction in patients with chronic coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1994; **23**: 617-626
- Cigarroa CG, deFilippi CR, Brickner ME, Alvarez LG, Wait MA, Grayburn PA: Dobutamine stress echocardiography identifies hibernating myocardium and predicts recovery of left ventricular function after coronary revascularization. *Circulation* 1993; **88**: 430-436
- Afridi I, Kleiman NS, Raizner AE, Zoghbi WA: Dobutamine echocardiography in myocardial hibernation: Optimal dose and accuracy in predicting recovery of ventricular function after coronary angioplasty. *Circulation* 1995; **91**: 663-670
- Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, Gutgesell H, Reichek N, Sahn D, Schnittger I, Silverman NH, Tajik AJ: Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography: American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr* 1989; **2**: 358-367
- Hata T, Nohara R, Fujita M, Hosokawa R, Lee L, Kudo T, Tadamura E, Tamaki N, Konishi J, Sasayama S: Noninvasive assessment of myocardial viability by positron emission tomography with <sup>18</sup>F acetate in patients with old myocardial infarction: Usefulness of low-dose dobutamine infusion. *Circulation* 1996; **94**: 1834-1841
- Chan RK, Lee KJ, Calafiore P, Berlangieri SU, McKay WJ,

- Tonkin AM: Comparison of dobutamine echocardiography and positron emission tomography in patients with chronic ischemic left ventricular dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 1996; **27**: 1601–1607
- 9) Bax JJ, Cornel JH, Visser FC, Fioretti PM, van Lingen A, Reijts AE, Boersma E, Teule GJ, Visser CA: Prediction of recovery of myocardial dysfunction after revascularization: Comparison of fluorine-18 fluorodeoxyglucose/thallium-201 SPECT, thallium-201 stress-reinjection SPECT and dobutamine echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1996; **28**: 558–564
  - 10) Vanoverschelde JL, D'Hondt AM, Marwick T, Gerber BL, De Kock M, Dion R, Wijns W, Melin JA: Head-to-head comparison of exercise-redistribution-reinjection thallium single-photon emission computed tomography and low dose dobutamine echocardiography for prediction of reversibility of chronic left ventricular ischemic dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 1996; **28**: 432–442
  - 11) Perrone-Filardi P, Pace L, Prastaro M, Squame F, Betocchi S, Soricelli A, Piscione F, Indolfi C, Crisci T, Salvatore M, Chiariello M: Assessment of myocardial viability in patients with chronic coronary artery disease: Rest-4-hour-24-hour <sup>201</sup>Tl tomography versus dobutamine echocardiography. *Circulation* 1996; **94**: 2712–2719
  - 12) Qureshi U, Nagueh SF, Afridi I, Vaduganathan P, Blaustein A, Verani MS, Winters WL Jr, Zoghbi WA: Dobutamine echocardiography and quantitative rest-redistribution <sup>201</sup>Tl tomography in myocardial hibernation: Relation of contractile reserve to <sup>201</sup>Tl uptake and comparative prediction of recovery of function. *Circulation* 1997; **95**: 626–635
  - 13) Meza MF, Ramee S, Collins T, Stapleton D, Milani RV, Murgo JP, Cheirif J: Knowledge of perfusion and contractile reserve improves the predictive value of recovery of regional myocardial function postrevascularization: A study using the combination of myocardial contrast echocardiography and dobutamine echocardiography. *Circulation* 1997; **96**: 3459–3465
  - 14) Picano E, Marzullo P, Gigli G, Reichenhofer B, Parodi O, Distante A, L'Abbate A: Identification of viable myocardium by dipyridamole-induced improvement in regional left ventricular function assessed by echocardiography in myocardial infarction and comparison with thallium scintigraphy at rest. *Am J Cardiol* 1992; **70**: 703–710
  - 15) Takiuchi S, Ito H, Iwakura K, Taniyama Y, Nishikawa N, Masuyama T, Hori M, Higashino Y, Fujii K, Minamino T: Ultrasonic tissue characterization predicts myocardial viability in early stage of reperfused acute myocardial infarction. *Circulation* 1998; **97**: 356–362
  - 16) Scognamiglio R, Marin M, Miorelli M, Palisi M, Fasoli G, DallaVolta S: Postextrasystolic potentiation echocardiography in predicting reversible myocardial dysfunction by surgical coronary revascularization. *Am J Cardiol* 1998; **81**: 36G–40G
  - 17) Scognamiglio R, Fasoli G, Casarotto D, Miorelli M, Nistri S, Palisi M, Marin M, Dalla Volta S: Postextrasystolic potentiation and dobutamine echocardiography in predicting recovery of myocardial function after coronary bypass revascularization. *Circulation* 1997; **96**: 816–820
  - 18) Helfant RH, Pine R, Meister SG, Feldman MS, Trout RG, Banka VS: Nitroglycerin to unmask reversible asynergy: Correlation with post coronary bypass ventriculography. *Circulation* 1974; **50**: 108–113
  - 19) Fusco R, Riccobono S, Pirelli S, Sesana W, Spaggiari P, Pezzano A: Exercise echocardiography versus dobutamine echocardiography for the detection of myocardial viability in patients with recent myocardial infarction. *Circulation* 1997; **96**: (Suppl I): I-713(abstr)
  - 20) Arnese M, Cornel JH, Salustri A, Maat A, Elhendy A, Reijts AE, Ten Cate FJ, Keane D, Balk AH, Roelandt JR, Fioretti PM: Prediction of improvement of regional left ventricular function after surgical revascularization: A comparison of low-dose dobutamine echocardiography with <sup>201</sup>Tl single-photon emission computed tomography. *Circulation* 1995; **91**: 2748–2752
  - 21) Bonow RO: Identification of viable myocardium. *Circulation* 1996; **94**: 2674–2680
  - 22) Ma L, Chen L, Gillam L, Waters DD, Chen C: Nitroglycerin enhances the ability of dobutamine stress echocardiography to detect hibernating myocardium. *Circulation* 1997; **96**: 3992–4001