

## 《原 著》

## 携帯用 RI 心機能モニター (VEST) による心機能評価

—(第2報) 虚血性心疾患への応用—

玉木 長良\* H. William STRAUSS\*\*

**要旨** 心筋梗塞の既往のない虚血性心疾患13例(うち不安定狭心症9例)に携帯用 RI 心機能モニター (VEST) を用いて、平均2.1時間日常生活での心機能と心電図をモニターした。8例に20回の一過性の EF の低下(6%以上)を認めた。この20回中12回は安静時にみられた。そのうち5回は胸痛などの自覚症状を伴い、うち4回は有意な一過性 ST 低下が認められる典型的な虚血発作であった。一方無症状の15回の EF 低下のうち4回は ST 低下を伴い、無症候性虚血発作と考えられた。また VEST では10回の ST 低下がみられたが、うち2回は EF の有意な低下を伴っていなかった。虚血性心疾患例に VEST を用いて日常生活での心電図と心機能を合わせてモニターすることは、虚血発作の検出だけでなく虚血の程度も評価でき、きわめて有用と考えられた。

## I. はじめに

携帯用 RI 心機能モニター (VEST) はガンマカメラから離れて、幅広い環境下で心機能を長時間モニターできる利点をもつ<sup>1-3)</sup>。前回はこの VEST の紹介とその基礎的検討の結果を報告した<sup>4)</sup>。今回は本装置の臨床応用として、虚血性心疾患に日常生活レベルでの心機能をモニターし、その有用性を検討したので報告する。

## II. 対象と方法

対象としたのは冠動脈造影にて虚血性心疾患の診断の確定した13例で、心電図上明らかな貫壁性心筋梗塞の認められる例は除外した。そのうち最近胸痛発作が増悪したり安静時に胸痛のみられる不安定狭心症と診断されたものは9例である。

\* 京都大学医学部放射線核医学科

\*\* Nuclear Medicine Division, Massachusetts General Hospital

受付: 62年1月13日

最終稿受付: 62年2月19日

別刷請求先: 京都市左京区聖護院川原町 54 (☎ 606)

京都大学医学部放射線核医学科

玉木 長良

VEST は前回報告したのと同じものを用いた。すなわち RI 検出器付きのジャケットで、左室容量曲線と心電図を連続して記録できる。患者にスズピロリン酸を投与20分後にヘパリン加注射器に採血し、注射器にあらかじめ入れられた <sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub> 20 mCi で赤血球を標識する modified in-vivo 法<sup>5)</sup> を用いた。また血管造影施行直後の患者2例にはより安定した赤血球標識のため、前回述べた <sup>99m</sup>Tc 標識洗浄赤血球を用いた<sup>4)</sup>。

<sup>99m</sup>Tc 標識赤血球投与10分後の平衡時に、通常の3方向の心プルスキャンを行った後、坐位で左前斜位心プルスキャンを行った。その後患者に VEST を装着し、RI 検出器を左室領域に照準した。VEST 装着後ガンマカメラを用いて左前斜位より20秒間の静止画像を撮った。VEST 検出器の影が左室領域に重なるように検出器の位置を移動させ、最適な位置で検出器を固定した<sup>2,4)</sup>。これにより一心拍ごとの左室容量曲線が得られ、心電図 (CM5) とともにホルター型カセットレコーダに記録した。

VEST 装着後患者を安静坐位とし、記録を開始した。まず最低10分間安静坐位で記録し、これをベースラインとした。次いで患者を車椅子にて病

Table 1 Clinical and VEST monitoring results in 13 patients with coronary artery disease

Case No.	Age, Sex	Dx	CAG	Monitor period	Rest EF	No. of EF↓	1st episode				2nd episode				3rd episode			
							Act	EF	Sym	ST	Act	EF	Sym	ST	Act	EF	Sym	ST
1	36, F	EA	LAD	0.3 hr	56	0												
2	62, M	UA	LAD	2.0 hr	49	3	WLK	-8	(-)(+)	STR	-13	(+)(+)	STR	-6	(-)(+)			
3	72, M	UA	3VD	2.0 hr	69	5	SIT	-6	(-)(+)	BIC	-6	(+)(-)	WLK	-8	(+)(+)			
4	56, F	VA	LAD	1.7 hr	57	0												
5	52, F	UA	LCX	1.7 hr	55	0												
6	66, M	UA	3VD	2.0 hr	49	1	SIT	-8	(-)(-)									
7	54, F	EA	RCA	2.0 hr	45	3	WLK	-6	(-)(-)	SIT	-6	(-)(-)	SIT	-6	(-)(-)			
8	56, F	UA	RCA & LAD	1.5 hr	46	1	SIT	-8	(-)(-)									
9	67, M	UA	3VD	1.7 hr	49	3	LYG	-6	(-)(+)	WLK	-13	(+)(+)	SIT	-6	(-)(-)			
10	57, M	EA	LMT	2.0 hr	60	0												
11	49, M	UA	3VD	5.0 hr	50	3	SIT	-8	(-)(-)	SIT	-10	(-)(-)	SIT	-8	(-)(-)			
12	46, M	UA	LAD	3.0 hr	42	0												
13	58, M	UA	LAD	2.5 hr	52	1	SIT	-7	(-)(-)									

Abbreviations: Dx=diagnosis; Act=activity; Sym=symptom; EA=effort angina; UA=unstable angina; VA=variant angina; WLK=walking; STR=stairs exercise; SIT=sitting; BIC=bicycle exercise; LYG=lying

棟に帰し、病棟内での日常生活を施行してもらった。11例は歩行、9例は食事、5例は血圧を測定しつつ階段1-2階をゆっくり昇降する運動を施行した。また2例は自己のペースで坐位エルゴメータ(25-50 W)を施行した。一方2例は重症のためベッドでの記録にとどまった。おのおのの行動の開始と終了にはイベント用プッシュボタンを押してもらい、正確な時刻を記録装置に入力した。数時間の記録のうち、最後にVEST装着のままガンマカメラで左前斜位にて20秒間の静止画像を撮像した。初回時と終了時の画像を比較することにより、記録中にRI検出器の位置のずれのなかったことを確認した<sup>2,4)</sup>。

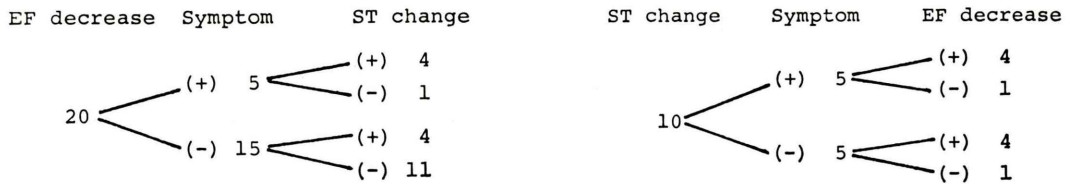
データ解析は記録したカセットテープからコンピュータに読みこみ、まず記録期間全体の平均カウントを表示して検出器の位置のずれのないことを二重に確認した。次に15秒ごとの平均左室容量曲線と心電図を作成した。この際バックグラウンドは左室拡張末期カウントの70%とした<sup>4)</sup>。ただし記録時間が長く平均カウントが600カウント/30ミリ秒以下の場合には、30秒ごとの平均左室容量曲線を用いた。

今回はVESTを用いて虚血性心疾患例の心機

能をベッドサイドでモニターし、左室駆出率(EF)の低下と心電図変化の頻度とその関係について検討した。健常人の日常生活でのEFの変化に基づき、EFがベースラインより6%以上の低下が1分間以上持続したものを有意のEF低下と判定した。また心電図については、ST junctionから80 msecで平坦型あるいはdown slopingのST低下(1 mm以上)が1分間以上持続したものを有意のST低下と判定した。

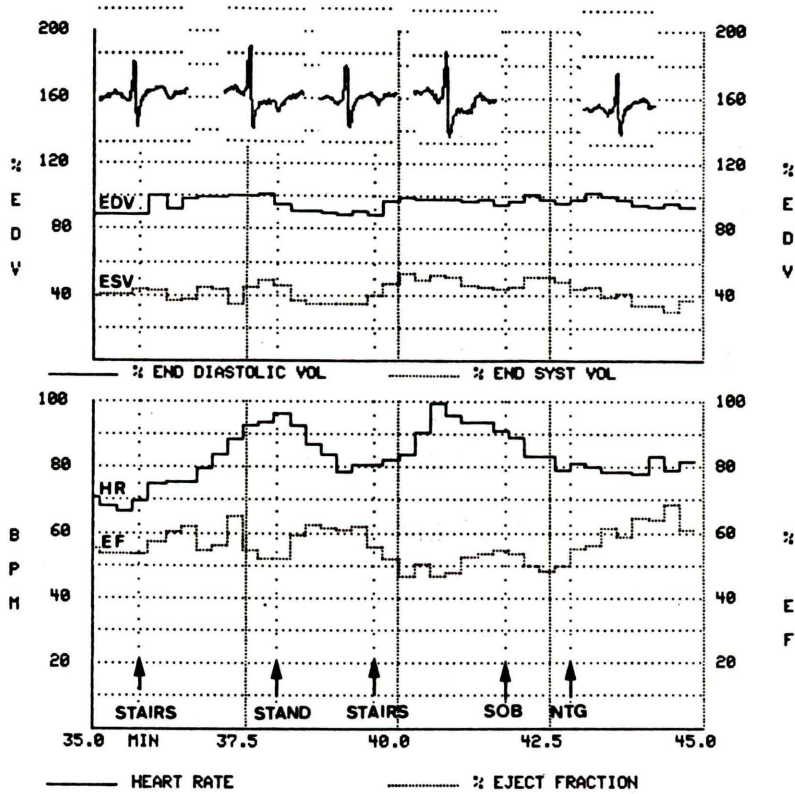
### III. 結 果

13例にのべ27.4時間(平均2.1時間)の心機能モニターを行った。13例の冠動脈造影所見、安静時EF、VESTによるモニターの所見をTable 1に示す。13例中8例より20回の有意な一過性EF低下が認められた。この8例は1例(case 7)を除きすべて不安定狭心症例であった。20回中12回は安静坐位か臥位時に生じていた。このうち5回(25%)は胸痛・呼吸困難などの自覚症状を伴っていたが、15回は全く無症状であった(Fig. 1)。自覚症状のあるもののうち4回は同時に記録した心電図でST低下が見られ、典型的な虚血発作と考えられた。一方自覚症状のない15回中4回にはST



**Fig. 1** Number of episodes of transient decrease in ejection fraction in correlation with subjective symptoms and ST depression on electrocardiogram.

**Fig. 2** Number of episodes of ST depression in correlation with subjective symptoms and transient decrease in ejection fraction.



**Fig. 3** Changes in end diastolic volume (EDV), end systolic volume (ESV), heart rate (HR), ejection fraction (EF) and representative ECG during an ischemic episode in case 2, displayed from 35 minutes from the beginning of recording (X-axis). The vertical dotted lines with arrows represent event markers. Significant ST depression and mild to moderate decrease in EF are seen twice during this period of recording.

低下がみられ、無症候性虚血発作が強く示唆された。残る 11 回は自覚症状も心電図変化もなく、EF のみが一過性に低下したものである (Fig. 1)。

VEST で記録した心電図からみると、合計 10 回

の ST 低下が認められた (Fig. 2)。うち 8 回は EF の低下を伴っていたが、残る 2 回は歩行または階段昇降時で、ベースラインよりの EF の有意な低下は認められなかった。なお自覚症状を伴ってい

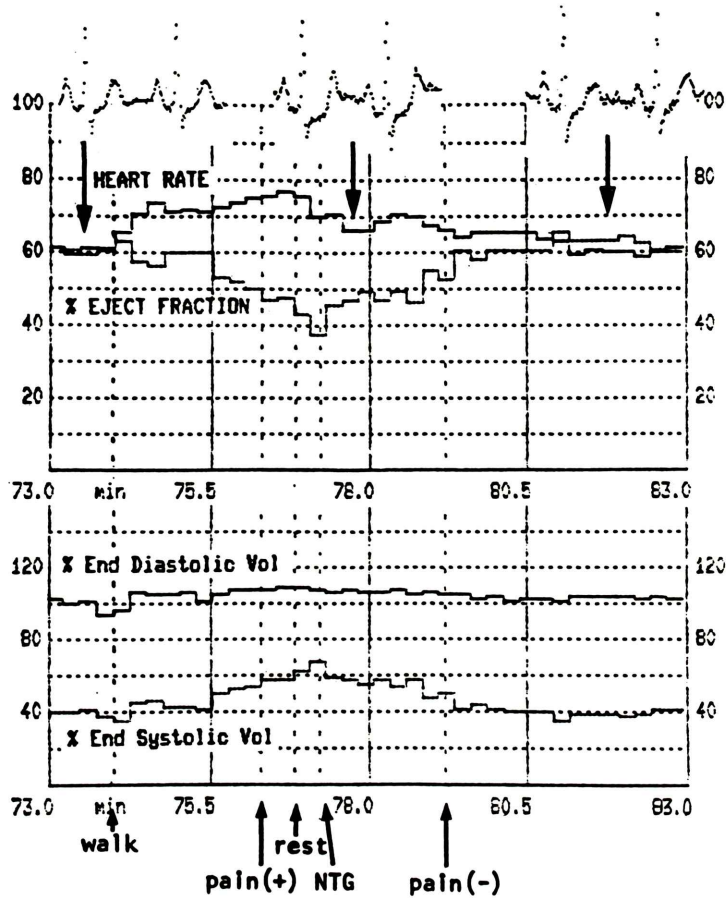


Fig. 4 Changes in left ventricular function and ECG during symptomatic episode in case 9. Marked decrease in ejection fraction with significant ST depression is observed during walking.

た発作には必ず EF の低下か心電図上の ST の低下のどちらかまたは両方を伴っていた。

Figure 3 に case 2 の 10 分間の心機能の変化を示す。記録時間では 36 分と 39 分とからおのおの 2 分間階段をゆっくり昇降している。最初の運動では心拍数が 70 から 95 まで上昇し、EF は 55% から一旦 65% まで上昇したもののすぐに 52% まで低下し、心電図では有意の ST 低下がみられた。この時患者には自覚症状はみられなかった。2 分間の安静の後、二度目の運動をすると EF は 47% まで低下し、心電図でも再び ST の低下がみられた。負荷の 2 分後に息切れを訴えたため、負荷を中止し 43 分にニトログリセリンを舌下投与すると EF

は急速に改善して 65% に達し、ST 変化も消失した。上段は左室容積の変化を示す。運動中に拡張末期容量 (EDV) の増加が認められ、EF 低下の際には収縮末期容量 (ESV) の増加が顕著である。一度目の EF 低下は有意でないものの無症候性虚血の状態と考えられ、二度目はさらに負荷量が増し、典型的な虚血発作に至ったものと考えられる。

Figure 4 に case 9 でみられた典型的な虚血発作時の 10 分間の心機能変化を示す。患者は記録開始 74 分より廊下を歩行した。心拍数は 60 から 73 まで増加したが EF (60%) は増加せず、2 分後から EF の低下が認められた。さらに 1 分後より患者は胸痛を訴えた。この時心電図で有意な ST の

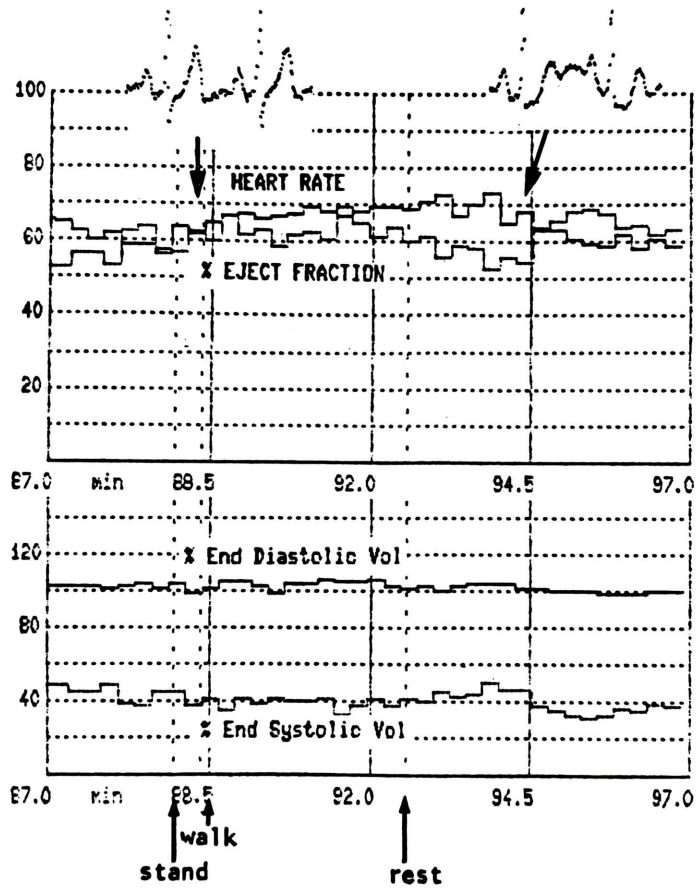


Fig. 5 Changes in left ventricular function and ECG during asymptomatic episodes of decrease in ejection fraction from case 9. After walking his ejection fraction remained high and transient decrease in ejection fraction with significant ST depression is noted.

低下が認められ、EFは47%まで低下していた。安静坐位とニトログリセリン舌下投与によりEFは著明に改善し、約2分後には胸痛も消失、心電図でもSTの改善が認められた。Fig. 5は同じ症例でさらに10分余り経過後の心機能の記録である。患者は約3分間廊下を歩行した後、病棟で安静にし、全く自覚症状はみられなかったが、歩行終了後に心拍数は低下せず、EFは一過性に低下した。この時心電図でも有意なST低下があり、無症候性虚血発作が強く示唆された。

#### IV. 考 案

虚血性心疾患例の日常生活での虚血発作は、ホルター心電図により詳細に検討されている<sup>6-10)</sup>。とりわけ自覚症状を伴わない一過性ST低下は、血行学的に左室機能の低下を伴うこと<sup>11)</sup>、<sup>201Tl</sup>や<sup>82Rb</sup>で心筋血流の低下を伴うこと<sup>12,13)</sup>、さらにはニトログリセリン投与によりその頻度が著明に減少すること<sup>8)</sup>などから、この現象は虚血発作であろうと考えられるようになった。この無症候性虚血発作を治療の対象とするか否かが最近問題

とされ<sup>14,15)</sup>, その正確な診断・評価が重要視されてきている。

しかし心電図の ST 変化はその特異性に問題があり, 必ずしも虚血を表しているとは限らない<sup>16,17)</sup>. したがって心電図とともに心機能を記録し, ST 変化と EF 変化を同時に連続的に評価することは虚血の診断にきわめて有用であり, また虚血の程度を評価する上でも役立つ<sup>18)</sup>.

VEST は左室容量曲線と心電図を一心拍ごとに数時間記録できる. 今回は本装置を虚血性心疾患13例に応用し, 日常生活の範囲内で心機能をモニターしたところ, 高頻度で一過性の有意の EF 低下が検出された. そのわずか 1/4 が自覚症状を伴い, 大半 (3/4) は無症状であった. 無症状の一過性 EF 低下15回のうち 4回は有意な ST 低下を伴っており, 無症候性虚血発作と考えられた. 残る 11回の EF 低下については, そのうち 2例 (2回) は同時に自覚症状を伴う典型的虚血発作が検出された例であり, 虚血発作が強く示唆された. その他の症例も, ほとんどが安静時に虚血発作を繰り返す不安定型狭心症例であることや, このような例に VEST の一誘導の心電図では検出しきれない虚血もありうることを考えあわせると, VEST で検出された無症状の一過性 EF 低下の大部分は虚血であろうと考えられる. またこのような一過性 EF 低下が安静時に頻発していることも興味深く, 日常生活での心機能モニターの重要性が再確認できた.

一方では今回の検討で EF の低下を伴わない一過性の ST 低下も 2回みられた. VEST では大きな EF の低下のない虚血発作も十分考えられ, 虚血性心疾患の評価には心機能モニターと心電図モニターの両者の併用が大切と思われた.

EF の低下の要因を考察する場合, 虚血による壁運動の低下以外にも種々の要因を考慮しなくてはならない. とりわけ虚血性心疾患においては心予備能が低下するため, 軽度の運動においても EF が低下することが考えられる. 今回はこの点を考慮し, 貫壁性心筋梗塞の既往のある症例は除外した. したがって安静時 EF は 42-69% と高く

なった. また EF 低下の定義も, ベースライン EF より 6% 以上の低下が 1 分間以上持続したものとかなり厳しくした.

一方 VEST のように検出器を胸壁に固定する場合, 検査中の位置のずれにより生ずる誤った EF の低下も考慮しなくてはならない. この対処として, VEST の位置決め画像を検査の最初と最後に撮像して対比すること, またデータ処理時に平均カウントを記録時間全体にわたり表示することより, 検出器のずれのないことを確認した<sup>2,4)</sup>. また検出器の固定が十分であっても, 患者の体位変換により心臓の位置が変化し, 相対的な位置のずれを生ずる可能性もある. したがって VEST モニター時には, 種々の患者の行為をイベント用プッシュボタンを用いて詳細に記録することが必要である. 実際今回の検討でも, 2 症例で坐位から臥位への体位変換で EF の有意な低下が認められたが, このような EF 低下は評価の対象から除外できた.

また心機能指標として用いた EF は心収縮能だけでなく, アフターロードによっても左右される. したがって VEST により心機能をモニターする際には, 血圧の測定も必要である. 現在の VEST にはさらにひとつのチャンネルが設けられ, そこに血圧・第二心電図を入力することも可能である. 将来心機能の詳細な検討に生かされるものと思われる.

虚血性心疾患例に心機能モニターにより虚血発作の評価を行う場合, ホルター心電図と同様に一般に長時間の記録が必要とされる. 現在の VEST では 10 時間までの記録は可能であるが, それ以上は <sup>99m</sup>Tc の物理的半減期を考えると困難であろう. しかしながら現在の 15 秒ごとの平均のデータ加算を 30 秒-2 分と長くとることにより, 24 時間までのモニターは可能になるものと考えられる. またそれに対応してデータ処理用コンピュータのメモリーも大型化され, その計算も高速化されるべきであろう. 一方心電図も一誘導の記録では不十分であり, ホルター心電図と同様多誘導の記録が必要である. さらには本装置がわが国で使用される

場合、RI 管理区域外での記録をどのように取扱うかも問題になるものと思われる。いずれにせよ今後種々の改良により、本装置が虚血性心疾患の心機能モニターとして重要な役割を果たすことが期待される。

## V. 結 語

虚血性心疾患に日常ベッドサイドでの心機能を VEST にてモニターした。高頻度に一過性 EF 低下がみられ、大半は安静時に生じ、無症状のものも多かった。またその一部は有意な ST 低下を伴っていたが、EF 低下のない ST 低下も散見した。VEST により心機能と心電図を同時にモニターすることは虚血の詳細な評価に有用と考えられた。

本論文の要旨は第 51 回日本循環器学会総会 (1987 年) および第 46 回日本医学放射線学会 (1987 年) にて発表した。

## 文 献

- 1) Strauss HW, Lazewatsky J, Moore RH, et al: The VEST: a device for the continuous monitoring of cardiac function in ambulatory patients. *Circulation* **59**: II-246, 1979 (abstr)
- 2) Wilson RA, Sullivan PJ, Moore RH, et al: An ambulatory ventricular function monitor: validation and preliminary results. *Am J Cardiol* **52**: 601-606, 1983
- 3) 井出 満, 兼本成斌, 鈴木 豊, 他: テルル化カドミウムを用いたシングルプローブによる左室機能の計測. *核医学* **23**: 1675-1682, 1986
- 4) 玉木長良, Strauss HW: 携帯用 RI 心機能モニター (VEST) による心機能評価——(第 1 報) 基礎検討——. *核医学* **24**: 289-296, 1987
- 5) Callahan RJ, Froelich JW, McKusick KA, et al: A modified method for the in-vivo labeling of red blood cells with Tc-99m. *J Nucl Med* **23**: 315-318, 1982
- 6) Guazzi M, Fiorentini C, Polese A, et al: Continuous electrocardiographic recording in Prinzmetal's variant angina pectoris. *Br Heart J* **32**: 611-616, 1970
- 7) Stern S, Tzivoni D: Early detection of silent ischemic heart disease by 24 hour electrocardiographic monitoring of active subjects. *Br Heart J* **36**: 481-486, 1974
- 8) Schang SJ, Pepine CJ: Transient asymptomatic ST segment depression during daily activity. *Am J Cardiol* **39**: 396-402, 1977
- 9) Selwyn A, Fox K, Eves M, et al: Myocardial ischemia in patients with frequent angina pectoris. *Br Heart J* **2**: 1594-1596, 1978
- 10) Cecci AC, Dovellini LV, Marchi F, et al: Silent myocardial ischemia during ambulatory electrocardiographic monitoring in patients with effort angina. *J Am Coll Cardiol* **1**: 934-939, 1983
- 11) Chierchia S, Lazzari M, Freeman B, et al: Impairment of myocardial perfusion and function during painless myocardial ischemia. *J Am Coll Cardiol* **1**: 924-930, 1983
- 12) Maseri A, Parodi O, Severi S, et al: Transient transmural reduction of myocardial blood flow, demonstrated by thallium-201 scintigraphy, a cause of variant angina. *Circulation* **54**: 280-288, 1976
- 13) Rocco MB, Campbell S, Barry J, et al: Activity of transient myocardial ischemia out of hospital in coronary artery disease and implications for management. *Am J Cardiol* **56**: 191-122, 1985
- 14) Cohn PF: Prognosis and treatment of asymptomatic coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* **1**: 959-964, 1983
- 15) Golliieb SO, Weisfeldt ML, Ouyang P, et al: Silent ischemia as a marker for early unfavorable outcomes in patients with unstable angina. *N Engl J Med* **314**: 1214-1219, 1986
- 16) Armstrong WF, Jordan JW, Morris SN, et al: Prevalence and magnitude of ST segment and T-wave abnormalities in normal men during continuous ambulatory electrocardiography. *Am J Cardiol* **49**: 1638-1742, 1982
- 17) Crawford MH, Mendoza CA, O'Rourke R, et al: Limitations of continuous ambulatory electrocardiogram monitoring for detecting coronary artery disease. *Ann Intern Med* **89**: 1-5, 1978
- 18) Tamaki N, Yasuda T, Moore RH, et al: Ambulatory monitoring of left ventricular function in patients with severe coronary artery disease. *Circulation* **74**: II-479, 1986 (abstr)

## Summary

### Assessment of Cardiac Function by an Ambulatory Ventricular Function Monitor (VEST) —(2) Application in Coronary Artery Disease—

Nagara TAMAKI\* and H. William STRAUSS\*\*

*\*Department of Radiology and Nuclear Medicine, Kyoto University School of Medicine*

*\*\*Nuclear Medicine Division, Massachusetts General Hospital*

To assess incidence of ischemic episodes in patients with coronary artery disease (CAD), left ventricular function and electrocardiogram (ECG) were continuously monitored by an ambulatory ventricular function monitor (VEST) during daily activities for a mean of 2.1 hours in 13 patients with CAD. Nine were patients with unstable angina.

This VEST detected 20 episodes of transient decrease in ejection fraction ( $\geq 6\%$  below the baseline) in 8 patients. Five were symptomatic and 15 were symptom free. Among 5 symptomatic episodes, four were typical ischemic ones accompanied with ST segment depression on ECG. Among 15 asymptomatic episodes, 4 were as-

sociated with ST depression, which was highly suggestive of silent ischemia. However, 11 episodes of transient decrease in ejection fraction were not accompanied with either symptoms or ECG changes. On the other hand, the VEST detected 10 periods of ST depression, among which two were not associated with transient decrease in ejection fraction.

We conclude that monitoring both ventricular function and ECG by the VEST is valuable for detecting and evaluating various episodes in patients with CAD.

**Key words:** Radionuclide ventriculography, Tc-99m red blood cells, Ambulatory monitor, Ischemia.