

## 特 集

# 携帯型持続心機能モニター (VEST) による心機能評価

中嶋 憲一\* 滝 淳一\* 久田 欣一\*

## 要 旨

携帯型持続心機能モニター (VEST) は、小型 RI 検出器を胸部に固定し、連続的に心機能変化を評価できる新しい装置である。この連続的なモニターによって、従来の心プールシンチグラフィでは得られなかった日常生活の様々な活動において生じる心機能の生理的变化、虚血性変化を捉えることが可能になりつつある。また、虚血性心疾患患者の運動負荷に応用することにより、経時的に駆出分画、拡張末期および収縮末期容積などの心機能変化を評価することができるようになり、その反応パターンは心機能の運動負荷予備能や治療の効果判定に有用であった。今後さらに種々の心疾患への利用や、薬剤効果の判定など広範囲の応用が期待される。

## はじめに

心電図同期心プールシンチグラフィは、虚血性心疾患を初めとする各種の心疾患において、広い適応を有しており、現在では循環器領域においても確立された診断法となっている。特に、容易に生理的な条件下で、運動や薬剤負荷などが反復して行える利点を有している。しかしながら、検査はガンマカメラ下に限られているという場所の制約だけでなく、データ収集には最低90秒間を必要とするため、連続的に心機能をモニターする点でも限界があった。そこで、被検者の心臓部に小型検出器を装着して、自由に動き回れるような状態で、ちょうどホルター心電図と同様の心機能モニターをめざした携帯型持続心機能モニター装置が

VEST である<sup>1-14)</sup>。現在、主検出部にヨウ化ナトリウムの結晶を用いたプラスチック性のジャケット形の VEST (Capintec 社)<sup>1,4,5)</sup> と、検出部にテルル化カドミウム (CdTe) を用いた装置 (アロカ社)<sup>3,11)</sup> の2種類が利用できるが、本稿では筆者らが用いている後者の装置の経験を元に記載することにする。

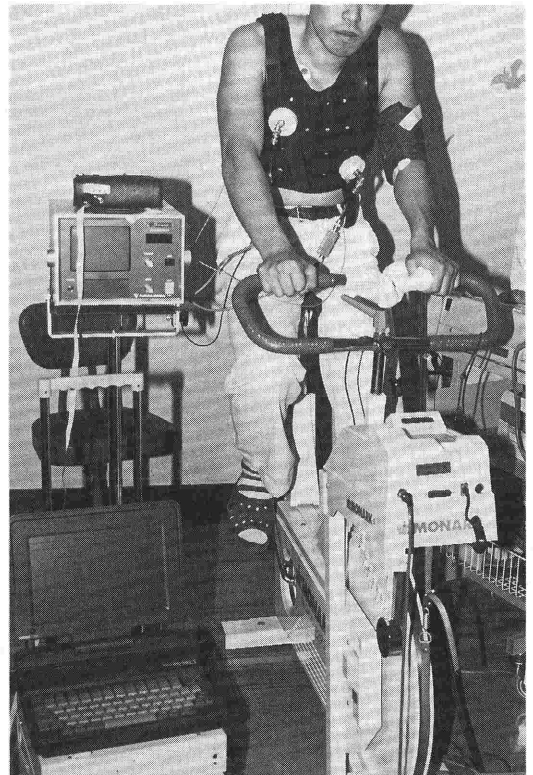


Fig. 1 A volunteer wearing the VEST performing bicycle ergometer exercise.

\*金沢大学医学部核医学科

装置の概要

現在筆者らが使用している装置は、CdTe 検出器(直径 16 mm, 厚さ 2 mm) を使用したもので、これに内径 16 mm, 高さ 16 mm, 厚さ 5 mm の円筒状のコリメータが装着される。患者は <sup>99m</sup>Tc 標識赤血球 740-925 MBq (20-25 mCi) を静注後、モニター用の心電図電極を固定した後、専用のチョッキ (vest) を装着する。検出部の左室領域への固定に際しては、ガンマカメラでその検出器の最適位置と角度を決定し、マジックテープで動かないように確実に固定する。また、同様に肺血流量の指標として右肺上部に検出器を固定する (Fig.

1)。この検出器からの信号は RS232C インターフェイスを介してパーソナルコンピュータに転送され、専用解析プログラムによって処理される。

基礎的検討

本装置のコリメータが円筒形であるため、その等反応曲線を求めると同時にコリメータ表面から心臓までの距離、心室容積変化の追従性をファントム実験により検討した<sup>1)</sup>。この結果距離 6 cm では 200 ml 以内、8 cm では 300 ml 以内では良好な直線性が得られたが、これ以上では過少評価が生じ、自己吸収および視野外に測定対象すなわち左心室プールがはずれるためと考えられる。ま

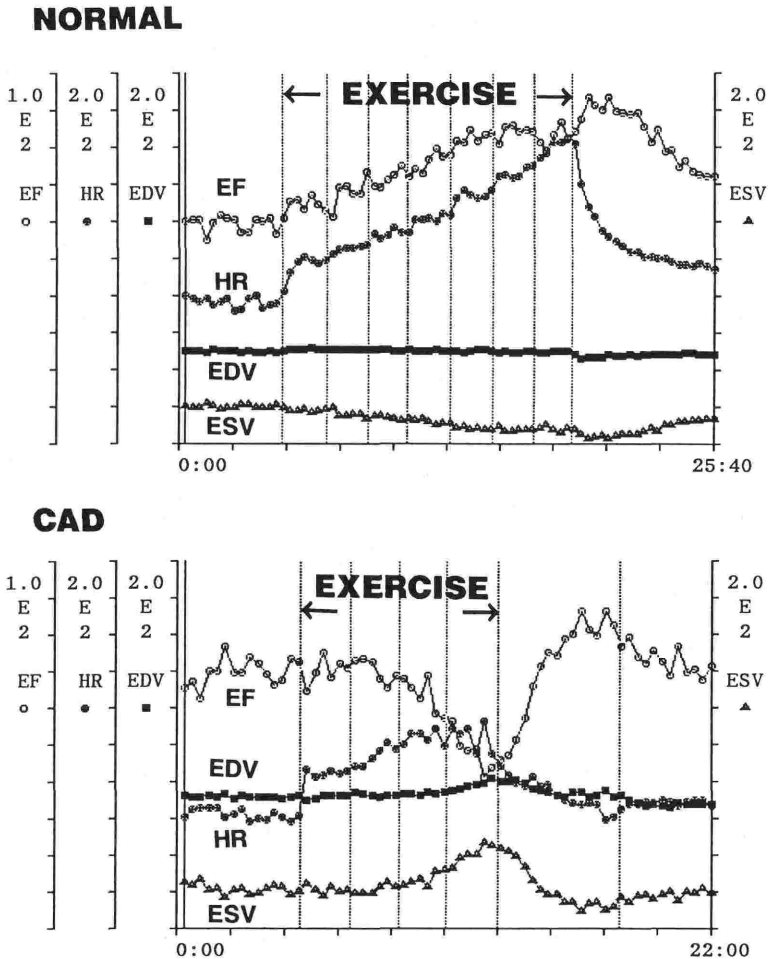


Fig. 2 Examples of the results from VEST study. Multi-stage bicycle-ergometer exercise was performed in each patient. The parameters of HR, EF, relative EDV and ESV are shown in the display.

た、20 kcps まで数え落しを生じず、測定カウントと容積の直線性が保たれた。これらの点から、臨床実用的な範囲では VEST の計数率、コリメータ特性は満足できるものであるが、著明な心拡大を伴うような症例では左室容積の過少評価の可能性があることが示唆された。

従来の心プールシンチグラフィから求めた左室駆出分画 (LVEF) と VEST から求めた LVEF との関係 (N=37) をみると、 $R=0.93$ , [(VEST EF) (%) =  $0.96 \times (\text{GBP EF}) + 3.6$ ] の良い相関が得られた<sup>11)</sup>。この相関は検査対象者や EF 算出法によっても異なるが、Tamaki らは心プールとの比較で安静時  $R=0.92$ 、負荷時  $0.86$  と報告しており<sup>6)</sup>、また大嶽らは X線左室造影との比較で  $R=0.82$  の良好な相関を報告している<sup>9)</sup>。

臨床応用

解析法

心室容積に関連するパラメータは以下のように算出される。VEST は経時的な左室領域上でのカウントをモニターしているが、絶対容量 (ml) は測定できず、相対値として表現される。従って拡張末期カウント (EDC)、収縮末期カウント (ESC) から、相対的な容量変化を算出することになる。一回拍出カウント (SC) は EDC-ESC から、分時拍出量 (CO) は心拍数 (HR) × SC として計算される。なお、バッググラウンドは肺野のカウントから求めることもできるが、結果の安定性と簡便さから、筆者らは原則として左室部最高カウントの70% (一部の症例で55-70%) を用いており、従来の報告でも EDC の70-80%を減算する方法が用いられてきた<sup>4-13)</sup>。

VEST を自転車エルゴメータによる運動負荷に応用した解析結果の例を Fig. 2 に示すが、このような20秒ごとの経時的な変化から、(1)HR および EDC, ESC, SV, CO の相対変化、(2)安静時、運動終了時および終了後の EF の変化率 ( $\Delta EF$ )、(3)上記の各点までの時間を計算した。

運動時の EF 変化パターン

Fig. 2 の症例を見ると、正常者では運動開始と同時に心拍数は増加し始め、これとともに EF も増加する。この間 EDV の変化は比較的少なく、ESV の減少により SV が増加し、EF を増加させていることが判る。一方下段の冠動脈バイパス

Table 1 Results of gated blood-pool study in the patient with CAD (Fig. 2, lower panel)

parameter	rest	peak exercise
HR (/min)	55	112
BP (mmHg)	142/88	180/89
EDV (ml)	127	147
ESV (ml)	61	85
SV (ml)	66	62
EF	0.52	0.42

手術 (CABG) 前に施行された冠動脈疾患患者では、運動と共に EF は低下し続けるが、中止直後より EF が増加し、約85%にまで達している。この変化のパターンは同日に繰り返して施行された負荷心プール検査の結果と良く一致している (Table 1)。

自転車エルゴメータによる運動負荷時の EF 変化パターンを解析すると基本的には次の4型に分類できた (Fig. 3)。EF の有意の変化を±6%以上とすると、A型：安静時より6%以上上昇するもの、B型：負荷開始後有意に上昇するが再び下降するもの、C型：有意の変化のないもの、D型：6%以上下降するもの、以上の4型となった。正常対象者9例について検討すると4例がA型を示し、B型3例、C型2例であった。BおよびC型を示す5例のうち4例は女性であった。Fig. 4 は50症例の CABG 前後でのパターン変化を示している。B型の8例中7例、C型の11例全例、D型の25例中22例で負荷反応パターン改善をみた。このことは、A, B, C, Dの順に心機能予備能が低下していることを示唆しており、CABG のような治療効果の判定に VEST による経時的 EF モニターが有用であることを示している<sup>14)</sup>。

オーバーシュート現象

Fig. 2 にも認められるように、EF の経時的変化をモニターすると運動負荷後に一過性に EF の亢進が認められることが判ってきた。この所見は従来心プール検査でも報告されていたものであり<sup>15,16)</sup>、オーバーシュート (OS) 現象とも呼ばれている<sup>10)</sup>。この時間的推移に関する詳細な検討は VEST の利用によって初めて可能になったものである。安静から OS までの  $\Delta EF_{R-OS}$  を、正常対象群 (n=8)、冠動脈疾患群の1, 2, 3枝病変 (VD)(それぞれ n=6, 7, 12) で比較した結果を

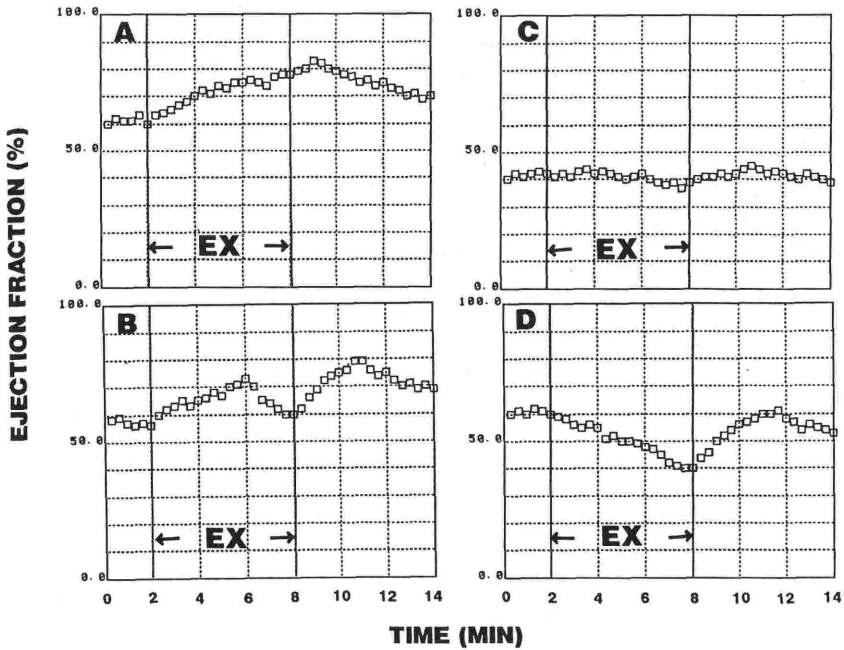


Fig. 3 Four patterns of EF response in the bicycle ergometer exercise study.

**CABG**

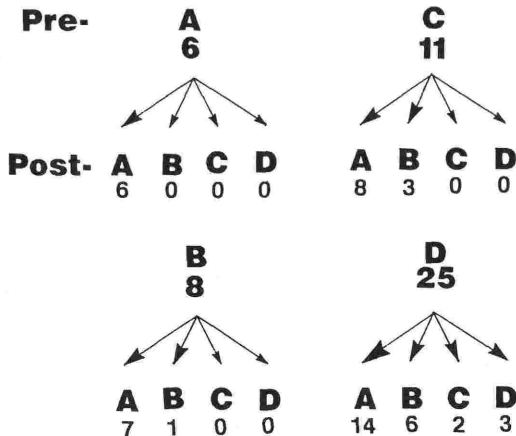


Fig. 4 Changes of EF response pattern before and after coronary artery bypass surgery.

Fig. 5 に示す。 $\Delta EF_{R-OS}$  は対象群, 1, 2, 3VD 群でそれぞれ  $12.6 \pm 7.0\%$ ,  $10.8 \pm 6.8\%$ ,  $8.7 \pm 3.2\%$ ,  $6.3 \pm 4.3\%$  であり, 多枝病変ほど低値であった。また, 運動後 OS までの回復時間 ( $T_{OS}$ ) はそれぞれ  $87 \pm 40$  秒,  $117 \pm 83$  秒,  $137 \pm 52$  秒,  $165 \pm 19$  秒と有意狭窄動脈数に従って延長した。また陳旧性梗塞のない狭心症例 ( $n=17$ ) の CABG 前後を比

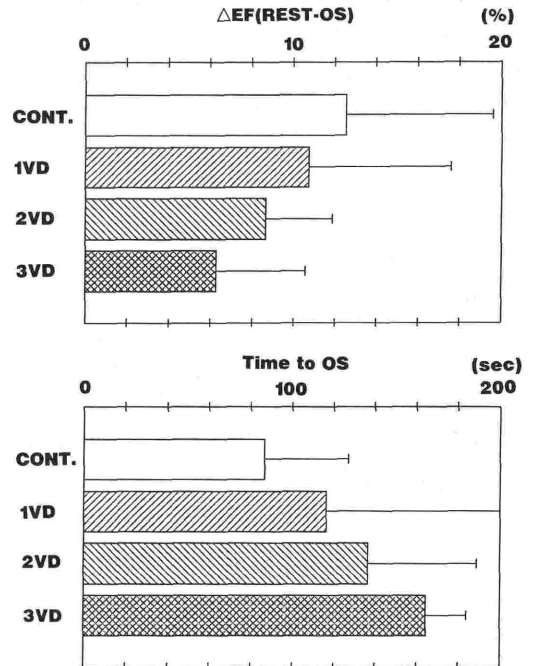


Fig. 5 Changes of ejection fraction from rest to overshoot (OS) ( $\Delta EF_{R-OS}$ ) and time from the end of exercise to the OS in control subjects and coronary artery disease. VD=vessel disease.

較すると,  $\Delta EF_{R-OS}$  は $14 \pm 7\%$ から $20 \pm 7\%$ に改善し ( $p < 0.05$ ),  $T_{OS}$  は $154 \pm 62$ から $70 \pm 38$ 秒に有意に改善した ( $p < 0.001$ ).

OS 現象の成因として, 運動終了後に持続するカテコラミン分泌の増加や, 運動終了後の末梢血管抵抗の低下による ESV の減少などによる一過性の EF 増加が考察されているが, その詳細な機序についてはさらに検討を要する<sup>10)</sup>.

### 日常動作での生理的負荷

日常生活の中で起きる虚血を捉えることは, とりわけ症状のない患者においては難しく, 一般にはホルター心電図がこの目的のために用いられている. しかしながら, ST 変化は直ちに虚血を示すとは言えないため, VEST はこのような患者におけるいわゆる無症候性虚血を評価する点でも有用性が報告されている. 玉木らによれば歩行や食事, 階段昇降などの日常動作において検出された EF の一過性低下の内, 2/3あるいは3/4は無症候であり, EF 低下が自覚症状に先行することを報告した<sup>6,7)</sup>. また, Taki らも42回の一過性 EF 低下のうち, 胸痛は13回, ST 変化は12回であったとし同様の頻度の報告をしている<sup>13)</sup>. このような EF 低下の全てが虚血と断定することはできないが, VEST の所見が症状発現や心電図より早期の虚血状態を検出できる可能性を示しており興味深い点である. 虚血発作が頻発するような患者においては, ガンマカメラの下のみでの運動負荷ではなく, このような日常活動における解析こそが, 治療の方針決定や薬剤効果判定, 日常管理などの観点から重要になるとと思われる.

### まとめと今後の課題

以上, VEST は従来の心プールシンチグラフィでは得られなかった経時的な心機能パラメータの解析を可能にした. さらにその携帯性から, 日常の活動における生理的变化や虚血の評価, 重症患者での心機能モニター, さらに薬剤などの治療効果判定にも応用できる可能性があり, 将来性のある診断技術である.

しかしながら, 現状ではまだホルター心電図のような簡便性と操作性の良さをもつには至っていない. さらに日常の長時間の応用に適した形態や軽量化, 効率のよい解析法 (異常所見の簡便な抽出法など), 心電図や血圧の同時記録法, 位置ず

れと体動によるアーチファクトに対する対策などいくつかの課題がある. しかし, VEST により得られる情報のユニークさを考えるならば, これらの点のさらなる改良により, 研究レベルのみでなく, さらに臨床の場に適した装置として今後の検討が進むことを期待したい.

### 文 献

- 1) Strauss, H. W., Lazewatsky, J., Moore, R., et al: The VEST: a device for the continuous monitoring of cardiac function in ambulatory patients (abstr). *Circulation* 59:II-246, 1979.
- 2) Hoffer, P. B., Berger, H. J., Steidley, J., et al: A miniature cadmium telluride detector module for continuous monitoring of left ventricular function. *Radiology* 138:477-481, 1981.
- 3) Suzuki, Y., Ide, M., Murakami, T., et al: Radionuclide cardiac monitoring system using dual cadmium telluride (CdTe) detectors: specification and some clinical applications. *Nucl Med Commun* 8:431-440, 1987.
- 4) Wilson, R. A., Sullivan, P. J., Moore, R. H., et al: An ambulatory ventricular function monitor: validation and preliminary clinical results. *Am J Cardiol* 52:601-606, 1983.
- 5) Tamaki, N., Gill, J. B., Moore, R. H., et al: Cardiac response to daily activities and exercise in normal subjects assessed by ambulatory ventricular function monitor. *Am J Cardiol* 59:1164-1169, 1987.
- 6) Tamaki, N., Yasuda, Moore, R. H., et al: Continuous monitoring of left ventricular function by an ambulatory radionuclide detector in patients with coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 12:669-79, 1988.
- 7) 玉木良長, Strauss, H. W.: 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—. *核医学* 24:551-557, 1987.
- 8) Taki, J., Yasuda, T., Gold, H. K., et al: Characteristics of transient ventricular dysfunction detected by ambulatory left ventricular function monitoring device in patients with coronary artery disease. *Circulation* 76 IV-366, 1987 (abstr).
- 9) 大嶽 達, 渡辺俊明, 小坂 昇, 他: 携帯用 RI 心機能モニター (VEST) の基礎的検討—バックグラウンドを中心に—. *核医学* 25:775-787, 1988.
- 10) 今井嘉門, 荒木康史, 西尾裕香里, 他: 虚血性心疾患患者における運動負荷終了後の回復早期の心駆出率のオーバーシュート現象の特徴に関して. *核医学* 26:1429-1437, 1989.
- 11) 滝 淳一, 村守 朗, 中嶋 憲一, 他: Cadmium Telluride 検出器を用いた持続性心機能モニター (VEST) の基礎的検討. *核医学* (投稿中).
- 12) Taki, J., Muramori, A., Nakajima, K., et al: Improvement of ejection fraction response in exercise after coronary artery bypass grafting (CABG) detected by ambulatory ventricular func-

- tion monitor (VEST). *Jpn Circ J* 54:1056, 1990 (abstr).
- 13) Taki, J., Yasuda, T., Tamaki, N., et al: Temporal relation between left ventricular dysfunction and chest pain in coronary artery disease during activities of daily living. *Am J Cardiol* (in press).
  - 14) Kawasuji, M., Takemura, H., Tedoriya, T., et al: Exercise response assessed by continuous ventricular functions monitoring in patients with coronary bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* (in press).
  - 15) Schneider, R. M., Weintraub, W. S., Klein, L. W., et al: Rate of left ventricular function recovery by radionuclide angiography after exercise in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 57:927-932, 1984.
  - 16) Dymond, D. S., Foster, C., Grenier, R. P., et al: Peak exercise and immediate postexercise imaging for the detection of left ventricular functional abnormalities in coronary artery disease. *Am J Cardiol* 53:1532-1537, 1984.

### **Evaluation of cardiac function using ambulatory ventricular function monitor (VEST).**

Kenichi Nakajima, Junichi Taki and Kinichi Hisada

Department of Nuclear Medicine, Kanazawa University  
School of Medicine, Kanazawa

Ambulatory ventricular function monitor (VEST) is the new device which provides continuous monitoring of left ventricular function, using the small scintillation detector on the chest wall. By continuous monitoring of cardiac function, physiologic and ischemic changes in cardiac function, which occur during a variety of daily activities, have been able to be evaluated. The serial changes of cardiac func-

tion, such as ejection fraction, end-diastolic and end-systolic volume, could be evaluated in ischemic heart disease, and the analysis of cardiac response pattern was useful for the assessment of cardiac function reserve and therapeutic effect. Further applications of VEST are expected in various cardiac disease and for the evaluation of the effect of treatment.