

《原 著》

携帯用 RI 心機能モニター (VEST) による運動負荷時および負荷後の心機能の経時的変化の検討

玉木 長良* Ishtiaque H. MOHIUDDIN* 大草 知子**
 大谷 弘* 不藤 哲郎** 林 正隆** 野原 隆司**
 米倉 義晴* 神原 啓文** 河合 忠一** 小西 淳二*

要旨 冠動脈造影の施行された 31 例に、携帯用 RI 心機能モニター (VEST) を用いて運動負荷前後の左心機能の経時的変化を解析した。まず安静坐位での EF の変動を検討し、6% 以上の EF の変動を有意な変化とした。運動負荷時の EF の変化は上昇 (A 型), 上昇後下行 (B 型), 不変 (C 型), 上昇後ベースラインより低下 (D 型), ベースラインより低下 (E 型) の 5 型に分類できた。有意な冠動脈病変を持たない健常 (N) 例では A 型 3 例, B 型 2 例, C 型 2 例, D 型 1 例で、冠動脈疾患 (CAD) 例との重なり (おのおの 5, 4, 4, 5, 3 例) がみられた。しかし CAD の中でも A, B 型を示す例はすべて一枝病変例で、負荷 TI スキャンで再分布のない例 (63%) が多かった。一方、負荷終了から EF が最大に達する時間は、CAD 例が N 例に比べ有意に長く (1.88 ± 1.24 分 vs. 0.88 ± 0.55 分, $p < 0.05$), とりわけ多枝病変例で著しく延長していた。VEST は運動負荷前後の左心機能モニターに適しており、負荷中の EF の低下および負荷後の回復遅延により、虚血の重症度の推定が可能と考えられた。

I. はじめに

携帯用 RI 心機能モニター (VEST) は、通常の心ピールスキャンの後、検出器を照準固定するだけで、ガンマカメラから離れて種々の環境下での左心機能を長時間記録できる^{1~7)}。本装置の臨床検討は米国で行われてきたが^{3~7)}、近年本邦においてもその臨床治験が進められつつある⁸⁾。

本装置は日常生活での心機能モニターに役立つ^{5,7)}と同時に、検出器の感度が高いため、高い時間分解能で心機能の経時的変化を追従できる利点も有する³⁾。そこで本邦に導入された 1 号機を用いて、運動負荷時および負荷終了後の左心機能の経時的変化について検討を加えた。

II. 対象と方法

対象はすべて冠動脈造影を施行された例で、虚血性心疾患 (CAD) を疑われたが有意な病変のない健常例の 8 例 (39 歳から 68 歳), 有意な (75% 以上) 狹窄を認めた CAD 21 例 (47 歳から 74 歳), 拡張型心筋症 1 例 (30 歳), 大動脈弁疾患 1 例 (41 歳) の計 31 例 (30 歳から 74 歳, 平均 57 歳) である。CAD 例のうち 17 例には心筋梗塞の既往を認めた。男女比は 26:5 である。なお被験者にはあらかじめ口頭にて検査の内容と安全性について説明をし、文書による同意を得た。

装置は前回^{6,7)} 報告したものに、心電図が 2 誘導記録できるように改良されたものを用いた⁸⁾。すなわち NaI シンチレータに平行コリメータを装着した超小型 RI 検出器付きプラスチック製ジャケットと、ホルター型記録装置より構成される。

被験者には還元剤としてスズピロリン酸 1 mg を静注 30 分後に 740~925 MBq (20~25 mCi) 静注するインビボ赤血球標識法を用いた。RI が平

* 京都大学医学部放射線核医学科

** 同 第三内科

受付：63年11月1日

最終稿受付：63年12月22日

別刷請求先：京都市左京区聖護院川原町 54 (番 606)
 京都大学医学部放射線核医学科

玉木 長 良

衡に達した約5分後に、左前斜位よりガンマカメラを用いた通常の心ピールスキャンを臥位および坐位にて行った。その後被験者の胸部にタオルを巻いた後VESTを装着し、坐位（または立位）にてガンマカメラを用いてVESTの検出器を左室領域に正確に位置決めして固定した^{6~8)}。一方、心電図は、V₅およびV₂（またはV₁）の双極誘導の位置にVESTの電極を取付けた。これにより1心拍ごとの左室容量曲線と2誘導の心電図がホルタ一型カセットレコーダに記録された。VEST装着後被験者はまず最低10分間の安静坐位を保ち、これをベースラインとし、その心機能指標の変動につき検討した。次いで坐位自転車エルゴメータにより、25Wより3分ごとに25Wずつ漸増する多段階運動負荷を行った。血圧、心電図（四肢誘導）、自覚症状を参考にして、VESTを装着したままsymptom-limitedの動運動負荷を行った。負荷終了後25~30分間は安静坐位の位置を保った。その後種々の薬剤を投与して、ひき続き心機能の変化を記録した。検査の終了時に再びガンマカメラにてVESTの検出器の位置のずれの有無を確認した^{2~7)}。

データ解析にはカセットテープからデータ処理装置（PDP 11/73）に読み込み、データをRIデータと心電図データに分けた後、RIデータにR波のトリガーをつけた。次に15秒ごとの平均左室容量曲線と心電図とを作成した。この際バックグラウンドは左室拡張末期カウントの70%として計算した^{3~7)}。得られた左室容量曲線にフーリエ3次項近似を行い、その近似曲線より左室駆出率ejection fraction: EF）、相対的拡張末期容量

(%EDV)、相対的収縮末期容量(%ESV)等の心機能指標を算出した。なお%EDV、%ESVはデータ記録開始時の際の拡張末期カウントを100%とし、物理的半減期を補正して表示した^{5~7)}。算出された種々の心機能指標は任意の4つを選んで、その経時的变化を表示できるが、今回は左心機能指標として最も大切と考えられる心拍数(HR)、EF、%EDV、%ESVを選んで表示した。

まず得られたデータの信頼性をみるために、ベースラインの安静坐位でのEFの2分間の平均と標準偏差を求めた^{5,6)}。またこの10分間のベースラインのデータのうち、EFの最大の変化率を算出した。さらにはデータの再現性の検討のため、始めのベースラインの心機能を運動負荷終了後25~30分間経過して心機能がベースラインに戻った状態での心機能と対比検討した。一方、VESTで得られたベースラインのEFと、ガンマカメラを用いた心ピールスキャンで安静坐位に算出されたEFとの関係についても検討した。

次いで運動負荷時の左心機能の経時的变化を検討した。この場合EFの変化が6%以上有意な変化として^{5,7)}、最大負荷時までEFが上昇したものをA型、途中まで上昇するが最大負荷時にベースラインの6%以内に戻るものをB型、負荷中にベースラインから有意に変動しないものをC型、負荷途中まで上昇するがその後ベースラインよりも有意に低下するものをD型、全く上昇せず最大負荷時に低下するものをE型の5つに分類した（Fig. 1）。それぞれのEFの変化の型と罹患冠動脈数、および運動負荷²⁰¹Tl心筋スキャンの所見と対比した。運動負荷²⁰¹Tl心筋スキャンは同じ

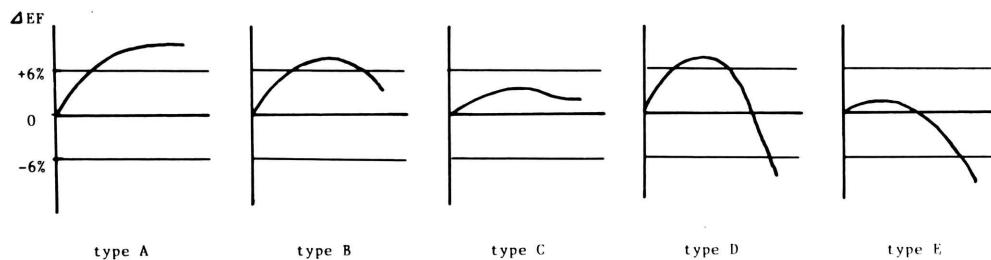


Fig. 1 Various types of ejection fraction (EF) responses during exercise.

自転車エルゴメータを用い、ほぼ同じ運動量の時に ^{201}TI 111 MBq (3 mCi) を静注し、負荷時と 3 時間後の画像を SPECT にて収集した。

一方、運動負荷終了後の左心機能の回復については、負荷終了時から EF が最大値を示すまでの時間、および EF の上昇の程度について検討を加えた。

なお結果は平均土標準偏差で表示した。有意差の検定は対応のない t 検定を用いた。また頻度についての検定は χ^2 検定を用いた。

III. 結 果

1) 装置の安全性

31 例につき 36 分から 110 分間 (平均 57 分間) VEST を装着し、左心機能を連続記録した。この間被験者からは VEST による不快感の訴えは全くなかった。運動負荷による発汗が多くにみられたが、VEST の内側にタオルを巻いており、特に支障はなかった。また負荷中の事故もみられなかつた。一方、VEST 装着の始めと終わりとでガンマカメラ下で VEST 検出器の位置を確認したが、画

像上 VEST 装着の間に検出器のずれを生じた例は 1 例もなかった。

2) 安静時左心機能の検討

各症例で安静坐位でのベースラインの左心機能を 8~10 分間記録した。その間の EF 変動は、標準偏差で 1.4% から 4.5% (平均 2.5%) であった。また EF の最大変動幅は 3~10% (平均 5.7%) であったが、30 秒以上連続した変動幅はいずれの症例でも 6% 以内に収まっていた。一方、検査開始時の EF と運動負荷終了後 25~30 分後の EF を対比すると、両者には相関係数 $r=0.98$ ($y=0.99x + 0.73$) と高い相関が得られ、いずれの症例もその差は 6% 以内であった。したがって VEST での EF の変化は、30 秒以上持続した 6% 以上の変動を有意な変化とするのが妥当と考えられた。ただし負荷終了 25~30 分後のベースライン時には、%EDV が 90~100% (平均 96%) を示しており、検査の始めの頃に比べみかけ上左室の容積はわずかながら減少していた。

一方、安静坐位で VEST の EF は、ガンマカメラの EF との間に $r=0.88$ ($p<0.001$) ($y=0.84x +$

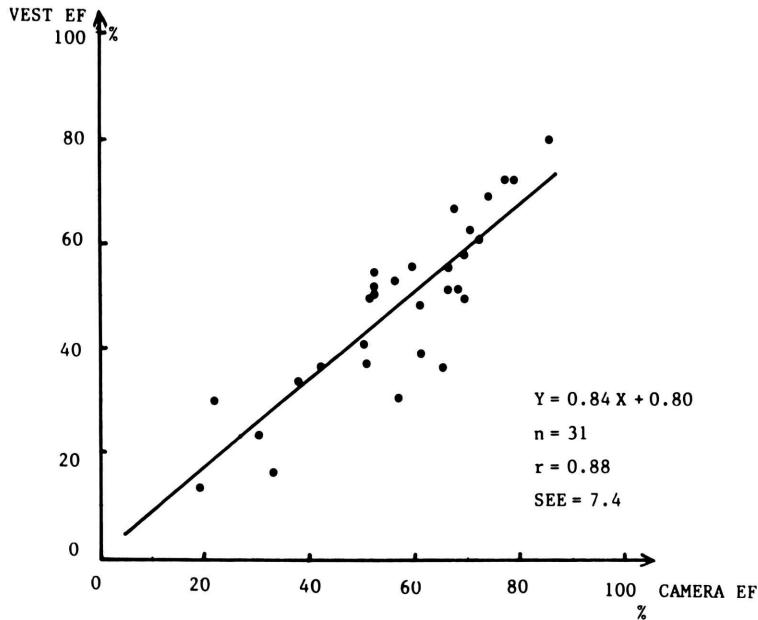


Fig. 2 Correlation of ejection fraction calculated by the VEST and by the gamma camera.

Table 1 Exercise data and type of ejection fraction (EF) changes during exercise in each group of patients (The parenthesis denotes the number of female patients)

n	Exercise duration (min)	Double product	Type of EF response					
			A	B	C	D	E	
Normal	8	8.1±2.0	23,500±4,000	3	2 (1)	2 (1)	1 (1)	0
CAD	21	6.7±1.9	16,900±4,000*	5	4	4	5 (1)	3
Others	2	7.2±1.0	17,100±3,900	1	0	0	1 (1)	0
Total	31	7.2±2.2	18,600±4,900	9	6 (1)	6 (1)	7 (3)	3

CAD=coronary artery disease; *p<0.05

0.80) の良好な正の相関が得られた(Fig. 2). VEST の EF がガンマカメラの EF より 20% 以上低値を示したのが 3 例であったが、これは初回の VEST 検出器の位置決めがやや不適当と思われる症例であった。

3) 運動負荷時左心機能の検討

エルゴメータによる運動負荷時間は 3 分から 12 分間まで(平均 7.2 分間)で、健常群・CAD 群間で差はみられなかった(Table 1). 最大負荷時のダブルプロダクトは平均 18,600±4,900 で、健常群(23,500±4,000) が CAD 群(16,900±4,000) より有意に高い値を示した(p<0.05) (Table 1).

運動負荷時の EF の経時的变化をみると(Table 1), 健常例では A 型が 3 例(38%), B 型, C 型がおのおの 2 例で、1 例は D 型を示した。このうち B, C, D 型の 1 例ずつは女性であった。一方、CAD 群では A 型が 5 例(24%), B 型, C 型がおのおの 4 例、D 型が 5 例、E 型が 3 例であった(Table 1)。このように両群間でかなりの重なりがあることが判った。B 型以下を異常と判定すると、CAD の診断の有病正診率は 76%，無病正診率は 38% となり、C 型以下を異常とするとおのおの 57%，63% であった。

一方、CAD 群を一枝病変例と多枝病変例に分けると、一枝病変 17 例中 9 例(53%) が A または B 型を示したのにに対し、多枝病変例ではすべて C~E 型を示し、A, B 型であったのは 1 例もなかった($\chi^2=4.0$; p<0.05) (Table 2)。また運動負荷²⁰¹Tl 心筋スキャンと対比すると、再分布を伴う一過性虚血病変を伴った 13 例で A, B 型を示し

Table 2 Number of single- and multi-vessel disease (VD) in each type of EF response during exercise in patients with CAD

	A	B	C	D	E	Total
Single VD	5	4	2	5	1	17
Multi VD	0	0	2	0	2	4

Table 3 Presence and absence of redistribution (RD) of thallium-201 scan in each type of EF response in patients with CAD

	A	B	C	D	E	Total
RD (+)	0	3	3	5	2	13
RD (-)	4	1	1	0	0	6

たのはわずかに 3 例(23%) で、再分布を認めない 6 例中 5 例(83%) より頻度は少なかった($\chi^2=6.1$; p<0.02) (Table 3)。

4) 運動負荷後の左心機能の検討

運動負荷終了後 29 例(94%) で EF が一過性に増大した。運動負荷終了から EF が最大になるまでの時間は、平均 1.7±1.2 分であった。このうち健常例では全例 1.5 分以内で、平均 0.88±0.55 分であった。一方、CAD 群では 12 例(57%) が 2 分以上を示し、平均 1.88±1.24 分と有意に延長した(p<0.05) (Table 4)。拡張型心筋症では 1.5 分、大動脈弁狭窄症では 4 分とともに延長した(p<0.05)。また最大負荷時の EF から負荷終了後の EF の最大値の差は平均 14.9±10.9% で、最大は大動脈弁狭窄症の 44% であったが、各群間に有意な差はみられなかった(Table 4)。また CAD の 21 例中一枝病変例と多枝病変例とに分けて運動

Table 4 Time to peak EF and maximum EF changes after exercise in each group of patients

	n	Time to peak EF (min)	Max EF change (%)
Normal	8	0.88±0.55	14.5±19.4
CAD	21	1.88±1.24*	13.3±9.7
Others	2	2.75±1.25*	28.0±17.0
Total	31	1.71±1.20	14.9±10.9

CAD=coronary artery disease; *p<0.05

Table 5 Time to peak EF and maximal EF changes after exercise in single- and multi-vessel diseases (VD)

	Time to peak EF (min)	Max EF change (%)
Single VD	1.56±0.97	15.0±8.6
Multi VD	3.25±1.35*	12.5±10.5

*p<0.05

Table 6 Relation of EF changes during exercise and parameters after exercise

EF response	n	Time to peak EF (min)	Max EF change (%)
Type A or B	15	1.03±0.83	8.2±4.8
Type C, D or E	16	2.22±1.29**	21.2±11.2***

p<0.01; *p<0.001

負荷後の左心機能の変化をみると (Table 5), 負荷終了後 EF の最大に達するまでの時間は, 多枝病変例で 3.25 ± 1.35 分と一枝病変例 (1.56 ± 0.97 分) に比べ有意に延長していた ($p<0.05$).

次に運動負荷後の左心機能変化と負荷中の EF の変化と対比した (Table 6). 負荷中の EF の変化が A 型または B 型を示した 15 例では, 負荷後の EF の回復時間は 1.03 ± 0.83 分で, C, D, E 型 (2.22 ± 1.29 分) に比べ有意に短かった ($p<0.01$). また運動負荷後の EF の上昇の値も A, B 型 ($8.2\pm4.8\%$) が C, D, E 型 ($21.2\pm11.2\%$) に比べ有意に少なく ($p<0.001$), 運動負荷時の EF の低下の著しいものほど負荷後の EF の回復は遅れ, その大きさも大きいことが示唆された.

5) 症例呈示

症例 1: 57 歳男性. 不定型の胸痛があり, 虚

血性心疾患を疑われ冠動脈造影を施行されたが, 有意な狭窄病変がなく, 健常例と考えられた. 同例の運動負荷前後の左心機能を Fig. 3 に示す. ベースラインの心拍数は 98, EF は 51%で, EF の変動は最大 6%であった. 運動負荷は 6 分間で, その初期に EF は 58%と有意に上昇したが, 負荷後半には漸減し 52%にまで戻った. このときの %EDV はわずかに増加, %ESV は初期には約 20%低下したが, 次第に増加した. 最大心拍数は 145, 最大収縮期血圧は 190 に達した. 負荷時の EF の反応は type B, 負荷終了から EF の最大値に達した時間は 1 分であった. なお負荷中に胸痛や心電図変化は生じなかった.

症例 2: 74 歳男性. 労作時胸痛があり, 負荷 TI-201 心筋スキャンにて前壁中隔に一過性欠損のみられた例である. 冠動脈造影にて左冠動脈前下行枝中部 (#7 番) に 90% の狭窄を認めている. 本例の運動負荷時の左心機能の変化を Fig. 4 に示す. ベースラインの心拍数は 70, EF は 58%で, EF の変動の最大値は 4%であった. 運動負荷は 7 分間で, 心拍数は 138 に達した. EF は前半漸増し 68%まで上昇したが, その後下行をたどり, 最大負荷時には 42%まで低下した. この時 %EDV も %ESV もともに増加した. 負荷中の EF 変化は type D であった. 負荷後容積は次第に減少して EF は漸増したが, EF が最大値 (70%) を示したのは負荷終了から 2 分後であった.

IV. 考 案

VEST は検出器として RI プローブを用いるため感度が高く, したがって短時間での経時的的心機能の解析が可能である. 1 心拍ごとの左心機能の解析も可能であるが, 統計変動と呼吸の影響を考えると, 15 秒ごとの測定が適当と考えられた⁶⁾. 今回の 15 秒ごとの計測では, ベースライン下での EF の変動は前回の報告⁶⁾と同様比較的少なかった. 今回の基礎検討より, ベースラインの EF から 6%以上 (30 秒間) の変動を有意な変動とするのが妥当と考えられた.

また検査の始めと 40~50 分後の安静坐位での

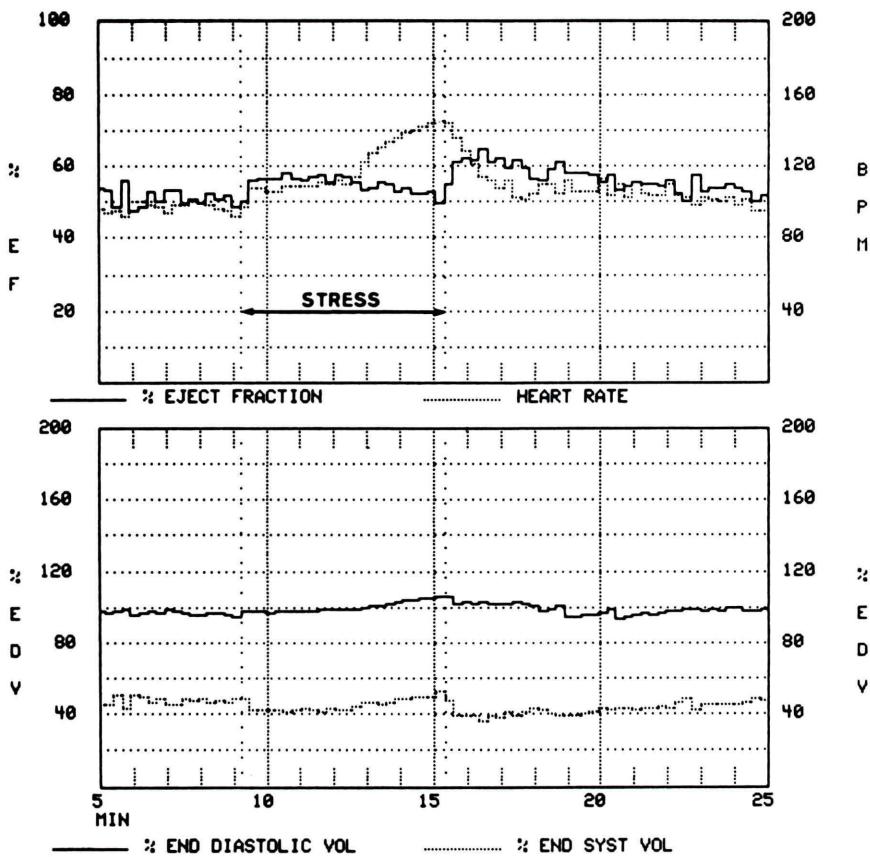


Fig. 3 Trend analysis of ejection fraction (EF), heart rate, %EDV and %ESV in the first 20 minutes during exercise of a normal case. Note a slight decrease of EF at the end of exercise but a rapid return of EF above the baseline value after exercise. The EF response during exercise was type B.

EFの再現性も高く、負荷によるVESTの位置のずれもないことが確認された。大嶽ら⁸⁾はトレッドミル負荷時のVEST検出器のずれを報告しているが、著者らはVESTの内側にタオルを巻いて固定したことや、エルゴメータ負荷を用いたことが検出器固定に役立ったものと思われる。ただ2回目のベースラインの%EDVは1回目に比べてやや低値を示していたが、これはインビボ^{99m}Tc標識赤血球の安定性の問題によるものと思われ、将来は物理学的半減期だけでなく生物学的半減期も考慮した補正が必要と考えられた。一方、今回用いた装置は欧米人用のサイズで、小柄な被験者への位置あわせにはやや難があった。

またVESTで得られたEFはガンマカメラで測定されたEFと高い相関を示したが、VESTの方がEFが高値の所でやや過少評価する傾向にあった⁶⁾。これがガンマカメラではEFをvariable ROI法で算出したのに対し、VESTではfixed ROI法を用いているためと考えられる。またVESTの位置決めがやや不適当と考えられた3例を除くと、相関係数はさらに高くなり、EFの過少評価の傾向は少なくなった。

これらの基礎検討によるEFの有意な変動の有無により、運動負荷時のEFの経時的变化を5つに分類することができた。まず健常例ではEFの上昇型(A型)ばかりではなく、途中からEFが

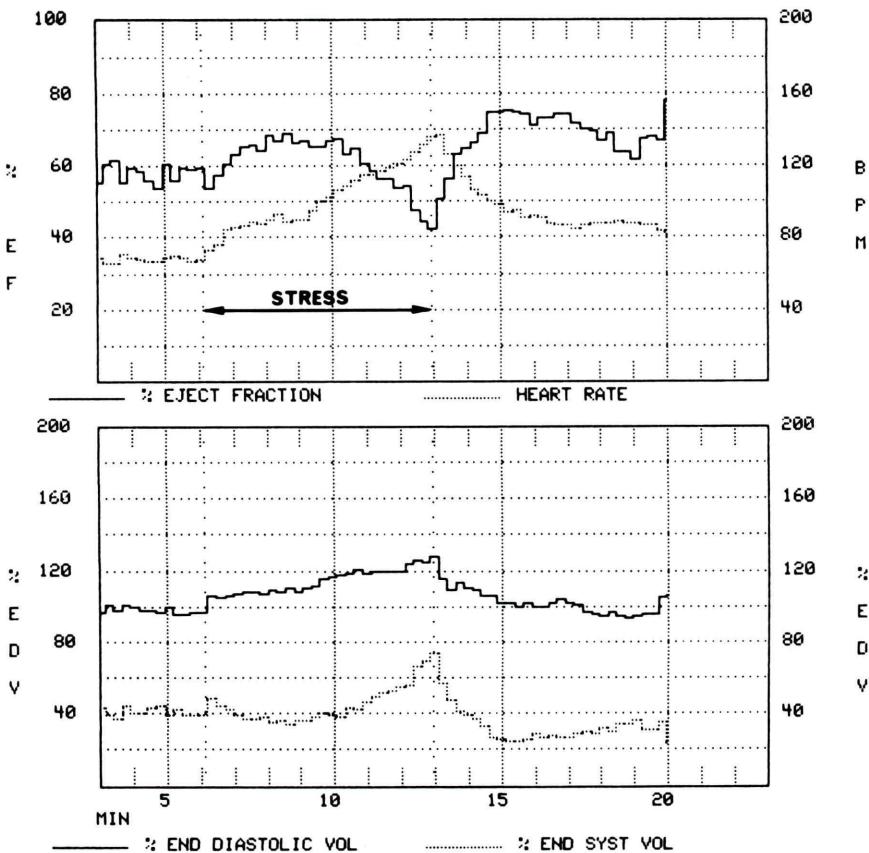


Fig. 4 Trend analysis of the four parameters during exercise of a coronary patient. Note a significant decrease of EF below the baseline at the last half of the exercise and the gradual recovery of EF after the exercise. The EF response was type D.

低下したり (B型, C型), ベースラインを下回る型 (D型) も見られ, 特に女性に B~D型が多い傾向にあった。その理由の一つに今回の対象が全例冠動脈造影を施行された例であり, 健常例の中にも胸痛や負荷心電図異常などの所見を有している例も含まれており, 対象の選び方にも問題はある。しかし, 元来運動負荷心ピールスキャンによる CAD の診断は, 無病正診率が低いことはよく知られており^{9~11)}, とりわけ今回のように健常人女性において運動時 EF の低下がしばしばみられる^{9,12)}。運動負荷時の EF の変化は心収縮能の増加だけでなく, 後負荷の増大の影響も受ける。著者らの以前の健常人での検討でも, EF は運動の

初期には増加するが, 後期には後負荷の増大のため %ESV が一定値以下にならず, EF はあまり変化しなくなった^{3,13)}。CAD の診断向上のためには EF の変化だけでなく, 容積や変化の局所機能の評価も将来は必要となろう¹⁴⁾。

一方, CAD 例でも運動中に EF 上昇型 (A型) を示す 5 例 (24%), B型が 4 例 (19%) あり, 健常人との間にかなりのオーバーラップがみられた。ただこれら 9 例はすべて一枝病変例で, また運動負荷 TI スキャンにて一過性虚血のなかった 5 例のうち 4 例は A型か B型を示していた。すなわち運動時 EF の変化は, 冠動脈病変の重症度や運動負荷虚血の存在を反映するよい指標になりうる

と考えられた^{15~17)}。

また VEST は運動負荷後の心機能の回復の経時的变化を検討するのにも役立った。健常例では全例 1.5 分以内に EF が最大に達したのに対し、CAD 例では EF の回復が有意に遅れていた。この傾向は多枝病変例で強く、運動負荷時の EF の変化の異常が著しい C~E 型に強いことが示された。同様に負荷中に EF の低下する例ほど、負荷後の EF の上昇する度合いも大きいことが示された。このように運動負荷後の左心機能の回復の程度を評価することにより、CAD の診断およびその重症度を推定することが可能と考えられた。

これは負荷中の EF の変化が虚血の有無だけでなく、前負荷や後負荷の増加などの生理的要因によっても左右されるためであり、負荷終了後このような生理的要因は急激に低下するのに対し、虚血はその重症度に比例して遅れて回復する¹⁸⁾。したがって虚血がないかあっても軽度で、主に後負荷増加のため負荷中に EF の低下した例（例えば症例 1）では、負荷終了後血圧が低下すると EF も速やかに回復することが期待される。Schneider ら¹⁸⁾も心ピールスキャンを用いて同様の結論を得ているが、著者らの用いた VEST は時間分解能が高いため、負荷終了後の左心機能の経時的变化を解析する上でより適しているといえる。

今回の検討ではバックグラウンドを左室拡張末期容積の 70%として計算したが、運動負荷時の EF や容積の変化を検討する際にはその妥当性が問題となる。大嶽ら⁸⁾の検討では、右肺野につけたバックグラウンド検出器のカウントと左室拡張末期カウントとがよく相關すると報告しており、本来バックグラウンドの変化は左室のカウントにも影響するはずである^{6,19)}。ただこの簡便法には限界があり、よりよい方法を検討する必要があると考えられる。

V. 結 語

VEST を用いて安静時および運動負荷前後の左心機能の経時的变化を観察した。安静時 EF はガンマカメラ EF との間に高い相関を示し、15 秒ご

との計測にもかかわらずその変動も 6%以内に収まっていた。これに基づき運動負荷時の EF の変化を 5 型に分類できた。健常例と CAD 例との間にはかなりのオーバーラップがあったが、健常例では女性に EF の上昇しない例が多く、CAD 例では多枝病変例や TI スキャンで一過性虚血を生じる例では EF は低下した。運動負荷後の EF の回復も CAD の多枝病変例で遅れていた。VEST による運動負荷前後の経時的左心機能モニターは簡便であり、CAD の重症度を評価する上で有用と考えられた。

本装置を使用する機会を与えていただいた米国 Capintec 社および三菱商事株式会社に深謝します。

なお本論文の要旨は、第 28 回日本核医学会総会（東京）および第 53 回循環器学会総会（名古屋）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**: H-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) Tamaki N, Gill JB, Moore RH, et al: Cardiac response to daily activities and exercise in normal subjects assessed by an ambulatory ventricular function monitor. *Am J Cardiol* **59**: 1164~1169, 1987
- 4) Taki J, Yasuda T, Tamaki N, et al: Characteristics of left ventricular dysfunction in patients with coronary artery disease demonstrated by an ambulatory cardiac monitor device (VEST). *J Nucl Med* **28**: 609, 1987 (abstr)
- 5) Tamaki N, Yasuda T, Moore RH, et al: Continuous monitoring of left ventricular function by an ambulatory radionuclide detector in patients with coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* **12**: 669~679, 1988
- 6) 玉木長良, Strauss HW: 携帯用心機能モニター(VEST)による心機能評価——(第 1 報)基礎検討——. 核医学 **24**: 289~296, 1987
- 7) 玉木長良, Strauss HW: 携帯用心機能モニター(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**: 551~558, 1987
- 8) 大嶽達, 渡辺俊明, 小坂昇, 他: 携帯用心機能

- モニター (VEST) の基礎的検討——バックグラウンドを中心にして——. 核医学 **25**: 775-787, 1988
- 9) Gibbons RJ, Lee KL, Cobb F, et al: Ejection fraction response to exercise in patients with chest pain and normal coronary arteriograms. Circulation **64**: 952-957, 1981
 - 10) Osbakken MD, Boucher CA, Okada RD, et al: Spectrum of global left ventricular responses to supine exercise: limitation in the use of ejection fraction in identifying patients with coronary artery disease. Am J Cardiol **51**: 28-35, 1983
 - 11) Rozanski A, Diamond GA, Berman D, et al: The declining specificity of exercise radionuclide ventriculography. N Engl J Med **309**: 18-22, 1983
 - 12) Higginbotham MB, Morris KG, Coleman RE, et al: Sex-related differences in the normal cardiac response to upright exercise. Circulation **70**: 357-366, 1984
 - 13) Tamaki N, Strauss HW: Ambulatory ventricular function monitor for serial assessments of cardiac function during exercise. J Cardiology **17**: 875-885, 1987
 - 14) Willerson JT: Ambulatory monitoring of left ventricular function (Editorials). J Am Coll Cardiol **12**: 680-681, 1988
 - 15) Caldwell JH, Hamilton GW, Sorensen SG, et al: The detection of coronary artery disease with radionuclide techniques: a comparison of rest-exercise thallium imaging and ejection fraction response. Circulation **60**: 610-619, 1980
 - 16) Iskandrian AS, Hakki AH, Newman D: The relation between myocardial ischemia and the ejection fraction response to exercise in patients with normal or abnormal resting left ventricular function. Am Heart J **109**: 1253-1258, 1985
 - 17) Ohtake T, Watanabe T, Kosaka N, et al: Cardiac response to various activities in ischemic heart disease patients by an ambulatory ventricular function monitor (VEST). J Nucl Med **29**: 741, 1988 (abstr)
 - 18) Schneider RM, Weintraub WS, Klein LW, et al: Rate of left ventricular functional recovery by radionuclide angiography after exercise in coronary artery disease. Am J Cardiol **57**: 927-932, 1986
 - 19) Gandsman EJ, Sulman RS, Bough EW, et al: Calculation of the left ventricular ejection fraction by gated radionuclide angiography without direct background correction. Radiology **144**: 478-481, 1982

Summary

Serial Assessment of Cardiac Function During and After Exercise by an Ambulatory Ventricular Function Monitor (VEST)

Nagara TAMAKI*, Ishtiaque H. MOHIUDDIN*, Tomoko OHKUSA**, Hiroshi OHTANI*, Tetsuro FUDO**, Masataka HAYASHI**, Ryuji NOHARA**, Yoshiharu YONEKURA*, Hirofumi KAMBARA**, Chuichi KAWAI** and Junji KONISHI*

*Department of Radiology and Nuclear Medicine,

**The Third Division, Department of Internal Medicine, Kyoto University School of Medicine

Cardiac function was serially assessed during and after exercise by an ambulatory ventricular function monitor (VEST) in 31 patients who received coronary angiography. Based on the study of fluctuation during the baseline recording, $\geq 6\%$ change in ejection fraction (EF) was considered significant. The serial changes in EF during exercise was divided into 5 types, including continuous increase (type A), initial increase but return to the baseline (type B), no change (type C), initial increase but later decrease below the baseline (type D), and continuous decrease (type E).

Among 8 normal subjects, their EF changes during exercise showed type A in 3, type B in 2, type C in 2, and type D in 1. Among 21 patients with coronary artery disease, the EF changes showed type A in 5, type B in 4, type C in 4, type D in 5 and type E in 3. Thus, there was a significant overlap in EF response between normal and coronary patients. However, every patient showing

type A and B had single-vessel disease, and 63% of them had persistent thallium defect without redistribution.

After the exercise, 29 patients showed rapid increase in EF. The time to the peak EF was significantly longer in coronary patients (1.88 ± 1.24 min) than that in normal cases (0.88 ± 0.55 min) ($p < 0.05$) particularly in patients with multi-vessel disease (2.22 ± 1.29 min). In addition, those showing type C, D or E tended to have a longer time to peak EF and more increase in EF after exercise than those showing type A or B.

These data suggest that VEST is suitable for continuous measurement of cardiac function during and after exercise which provided valuable indices for assessment of severity of ischemia in coronary artery disease.

Key words: Radionuclide ventriculography, Ambulatory monitor, Ischemia, Ejection fracting, Exercise.