

《原 著》

Cadmium Telluride 検出器を用いた携帯型
持続心機能モニター (VEST) の基礎的検討

滝 淳一* 村守 朗* 中嶋 憲一* 分校 久志*
松成 一朗* 利波 紀久* 久田 欣一*

要旨 Cadmium telluride detector を用いた携帯型持続心機能モニター (VEST) の基本性能をファントムおよび臨床例において検討した。計数率特性は 20 kcps までは放射能と計数率は比例し臨床使用量の範囲内 (925-1,295 MBq (25-35 mCi)) では数え落としは無いことが解った。検出器から心室ファントム中心までの距離が 6 cm では 200 ml, 8 cm 以上では 300 ml 以上で容積の過小評価傾向を認めたが駆出率 (EF) は実測値に近い値を示した。臨床例 10 例における検出器の位置ずれに関する検討では、心臓に対して右上方、上方または左方への 1-2 cm のずれで平均 3~6.3% の EF の過小評価を生じたが他の方向への 2 cm 以内のずれでは一定の変化傾向を示さなかった。臨床例においてガンマカメラより求めた EF (X) と VEST での EF (Y) は安静時 $Y=0.96X+3.6$ (%) ($r=0.93, n=37, p<0.001$) の相関を示した。安静時から運動負荷時および負荷後早期の EF 変化をガンマカメラ (X), VEST (Y) で比較するとやはり $Y=0.95X+0.8$ (%) ($r=0.85, n=20, p<0.001$) の良好な相関を認めた。以上より Cadmium telluride detector を用いた VEST は著明な心拡大を示す症例を除いて信頼性の高い心機能データを提供すると考えられた。

I. はじめに

種々の心疾患において心機能を評価するために核医学的手法として心プールシンチグラフィが広く用いられている。これは心機能の評価に重要な左室駆出率 (LVEF), 左心室容量, 心拍出量などの種々のパラメータの測定に加え局所壁運動の評価に優れた方法である。さらに運動負荷時の心機能評価が可能であり, この点に関しては他の侵襲的, 非侵襲的心機能検査と較べても簡便で信頼性の高い方法である。しかしながらシンチカメラおよびデータ処理を行うコンピュータシステムなどの装置が大型であり, 使用が検査室の中だけに制限されている。また連続的なデータ収集が実用

上困難であり最低 90~120 秒のデータ収集が限界である¹⁾。一方, シングルプローブと小型のコンピュータを用いて心機能を連続的かつ 1 心拍毎に評価する手法として核聴診器が開発されたが^{2~4)}、依然として装置が大型であり携帯して使用することは不可能であった。この手法を発展させ, 非常に小型の検出器を用い, 携帯可能にして日常動作の中での心機能の変化をもとらえることを可能にした携帯用持続心機能モニター (VEST) が開発され使用されている^{5~11)}。われわれは, 小型軽量の Cadmium telluride (CdTe) 半導体検出器を持つ持続心機能モニターの基本性能を明らかにする目的で, ファントムおよび臨床例において基礎的検討を行った。

II. 装 置

検出器は直径 16 mm, 厚さ 2 mm の CeTl 半導体 (A-116 型) で, これに内径 16 mm, 高さ 16 mm, 隔壁の厚さ 5 mm の筒型コリメータを装

* 金沢大学医学部核医学科

受付: 2 年 12 月 18 日

最終稿受付: 3 年 1 月 25 日

別刷請求先: 金沢市宝町 13-1 (☎ 920)

金沢大学医学部核医学科

滝 淳 一

着したものである (Fig. 1). これに遮蔽のための鉛を含む検出器ホルダ, 胸壁への固定機構を加えてもわずか 600 g である. CdTe 検出器から得られた信号は, 前置増幅器により増幅され, 波高分析機構を内蔵した携帯型計測ユニット (アロカ, 東京) に入力され 120 KeV 以上の信号がカウントされる. さらに一定間隔 (10 msec の整数倍) ごとにデータがサンプリングされ, RS232C インターフェースを介してラップトップ型パーソナルコンピュータ LT11 (NEC, 東京) に入力され, フロッピーディスクにいったん保管される. データ収集後パーソナルコンピュータにて解析を行う. また任意にこの計測ユニットを介し患者の状態に変化があった際に, 信号 (イベントマーカー) がカウントデータと同時に記録可能となっている. 患者への検出器の固定は, 伸縮性に富む材質のチヨッキ (これが VEST の名の由来である) および検出器ホルダにマジックテープ (Velcro) を装着して, 患者の胸部の任意の位置に固定可能となっている (Fig.1).

III. 方 法

1. 基本的性能に関する検討

計数率特性: 検出器にコリメータを装着した状態で, コリメータ表面より中央前方 10 cm の距離に 4.3 MBq から 469 MBq までの 23 段階の放射能をもつ ^{99m}Tc の点線源をおき, 放射能と計数率の関係を測定することにより計数率特性を調べ

た. また点線源を検出器の前方を移動させ空中での等反応曲線を作成した.

ファントム実験: 本装置による左心室容積の変化の測定精度を見る目的でバルーンファントムを用いて容積と計数率を比較検討した. ファントム内に 222 KBq/ml の $^{99m}\text{TcO}_4^-$ を注入し, 発泡スチロール製の容器で作成した胴体ファントム内に固定した. 計数率の計測は心室ファントムの容量を 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 300, 400 ml に変化させ, それぞれについてコリメータ表面から心室ファントム中心までの距離を 4, 6, 8, 10, 12 cm まで変化させ行った (Fig. 2). 胴体ファントムの内容は, 空気, ^{99m}Tc を含まない水, バックグラウンドとして $^{99m}\text{TcO}_4^-$ (14.8 KBq/ml) を含んだ水の 3 種類について検討した. 計数率測定の際に測定開始からの経過時間を記録し, 測定終了後に ^{99m}Tc の半減期を 6.04 時間として測定値の減衰補正を行なった.

2. 臨床例による基礎的検討

VEST による LVEF の解析: 得られた 50 msec 毎の計数値に digital filter にて平滑化を行い, 計数値が極大となる点を自動的に抽出し極大点間を 1 心拍とした. 1 心拍毎の計数値の変化を 20 秒毎に加算して平均値を求め, 1 心拍中の最大計数値を拡張末期の計数値 (end-diastolic count, EDC), 最小計数値を収縮末期の計数値 (end-systolic count, ESC) とした. バックグラウンド (back-

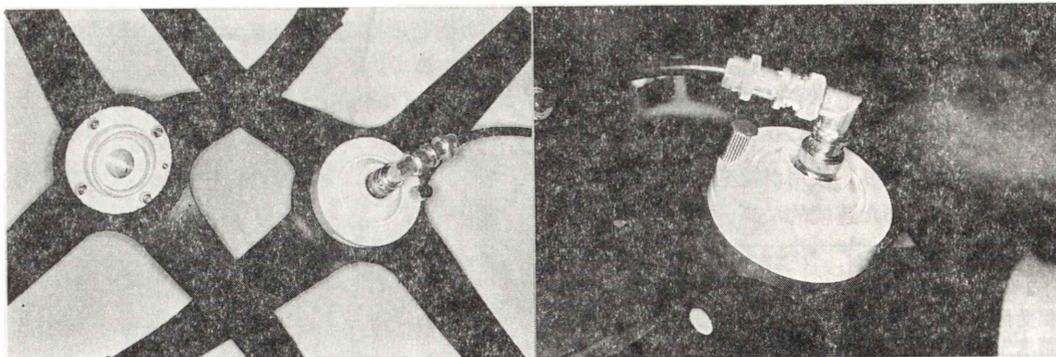


Fig. 1 Cadmium telluride detector with straight bore collimator in plastic housing (left). The detector attached to a patient's chest wall using velcro tape (right).

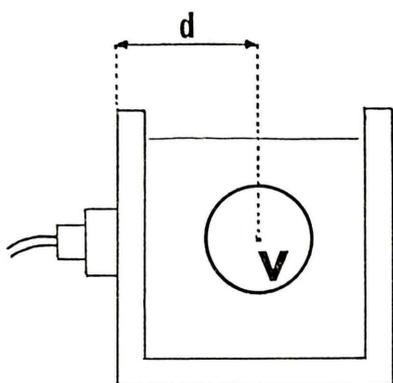


Fig. 2 Scheme of the phantom study. A balloon phantom (V ml) was placed in body phantom with distance of d cm from the detector.

ground, BG) は、拡張末期計数率 (EDC) の 70% として LVEF を算出した^{5~8)}。すなわち、

$$LVEF = (EDC - ESC) / (EDC - BG)$$

として求めた。

検出器の位置ずれによる影響：心プールシンチグラフィが施行された患者において、検出器の位置ずれが左室駆出分画 (LVEF) に及ぼす影響の検討を行った。スズピロリン酸による $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 標識赤血球 740 MBq (20 mCi) を投与後、検出器固定用のチョッキを装着させ、仰臥位にてガンマカメラ下に左前斜位 35° より観察しながら最もよく左心室をとらえる位置に検出器を固定し、50 msec 毎にデータ収集を 2 分間行なった。さらにこの最適位置の上方 (頭側)、右方 (内側)、下方、左方、右上方にそれぞれ 1 cm および 2 cm 検出器の位置を移動して、2 分間ずつ測定を行なった。

安静時 LVEF の心プールシンチグラフィと VEST による比較：安静時心プールシンチグラフィが施行された 37 名の患者において、ガンマカメラ法と VEST にて LVEF を測定しその結果を比較した。ガンマカメラによる LVEF 算出は以下のように行った。 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 標識赤血球 740 MBq (20 mCi) を投与し仰臥位にて、スラントホールコリメータを装着したガンマカメラにて modified LAO 35° (スラントホールコリメータにより 35°

の caudal tilt をかけた) より 64×64 マトリックスで 90 秒間データ収集した。心電図同期にて 1 心拍は 24 分割とし、得られた原画像を 9 点加重空間スムージング、ついで 1:2:1 の時間スムージングを施して平滑化を行なった。バックグラウンド減算は左心室外側に弧状の関心領域 (ROI) をとり一心拍の平均カウント濃度を求めこれを画像全体から差し引くことにより行った。左心室の輪郭は、バックグラウンド減算後の画像において左室 ROI 内の最高カウントの 30% 値を輪郭とする閾値法により求めた。この輪郭を左室 ROI として、ROI 内のカウントから時間放射能曲線を作成し、4 次までの高調波成分を用いるフーリエ変換により曲線近似を行なった。得られたカーブの最大値を EDC、最小値を ESC として LVEF を求めた。すなわち $LVEF = (EDC - ESC) / EDC$ と計算した。

次に同じ患者群に対し VEST による LVEF の算出を行った。患者を仰臥位にして、左前斜位よりガンマカメラ下に観察しながら検出器を装着した。2~10 分間の安静時測定を行い、前述の方法で LVEF の算出を行った。

運動負荷時の VEST と心プール法による LVEF の比較：虚血性心疾患患者 5 名に対して仰臥位エルゴメータ多段階負荷をガンマカメラによる心プールシンチグラフィおよび VEST モニター下に施行した。負荷は 25 W より開始し 25 W ずつ 2 分毎に増加した。まずガンマカメラ法で安静時、各負荷段階の後半、負荷終了後 2~3 分めからの 90 秒間の各データ収集を行い LVEF を求めた。ついで 1 時間後に VEST にて同一の負荷をかけ LVEF をモニターした。終了後に検出器の位置ずれがないことをガンマカメラにて確認した。LVEF の算出はいずれも先述の方法で行った。

IV. 結 果

1. 基本的性能に関する検討

計数率特性：Fig. 3 に計数率特性を示す。横軸は点線源の真の計数率、縦軸は実際に観測された計数率である。20 kcps 以下では良好な直線性を示しているが、それ以上では数え落しが大きくな

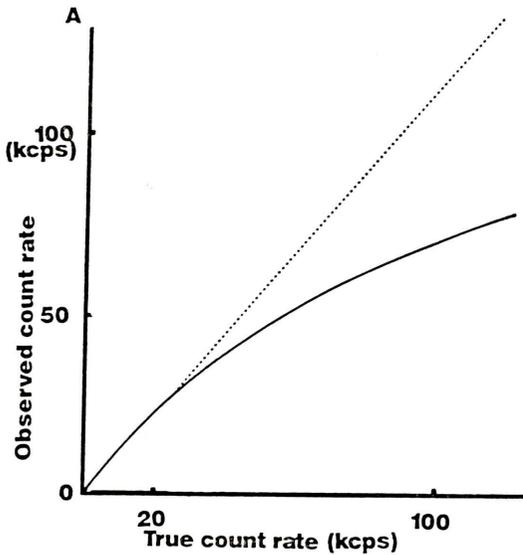


Fig. 3 Relationship between true count rate and observed count rate.

った。臨床的には 925-1,295 MBq (25-35 mCi) 以下の投与量では数え落としは問題にならないことがわかった。

コリメータ特性：Fig. 4 に装置の等反応曲線 (isoresponse curves) を示す。点線源をコリメータ前面中心に置いたときの計数率を 100% として比計数率がそれぞれ 50%, 20%, 10%, 5%, 2% の等反応曲線を描いた。10% 点のコリメータ中心軸上の深さは 5.2 cm, 最大幅は 4.1 cm, 5% 点ではそれぞれ 8.2 cm, 5.8 cm, 2% 点ではそれぞれ 15 cm, 8.5 cm であった。

ファントム実験：ファントムの容積と検出器より得られた計数率の関係を Fig. 5-7 に示した。それぞれバルーンファントムの周囲が、空気 (Fig. 5), 水 (Fig. 6), およびバックグラウンドとして $^{99m}\text{TcO}_4^-$ を含む水 (Fig. 7) の場合である。グラフ内の数字はファントム中心とコリメータ前面間の距離を示している。距離 6 cm では容積が 200 ml 以内, または距離 8 cm 以上では容積が 300 ml 以内でほぼ良好な直線性が得られた。しかし, 距離 6 cm で容積が 200 ml を越える場合, または距離 8 cm 以上で容積が 300 ml を越える場合の

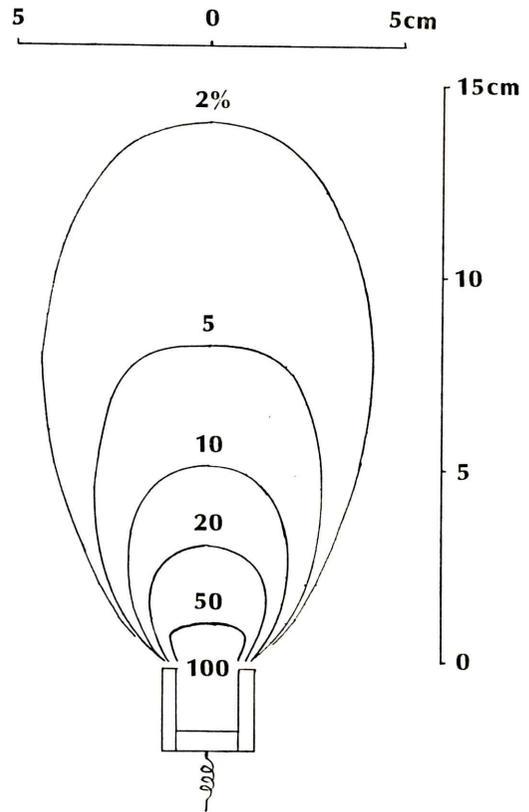


Fig. 4 Isoresponse curve of the cadmium telluride detector in air.

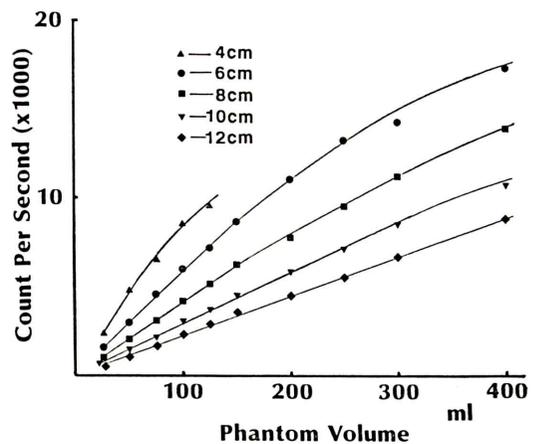


Fig. 5 Observed count rate of balloon phantom in various volumes and distances from the detector in air.

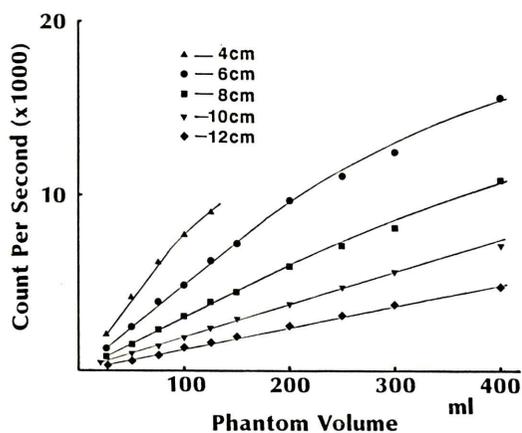


Fig. 6 Observed count rate of balloon phantom in various volumes and distances from the detector in water.

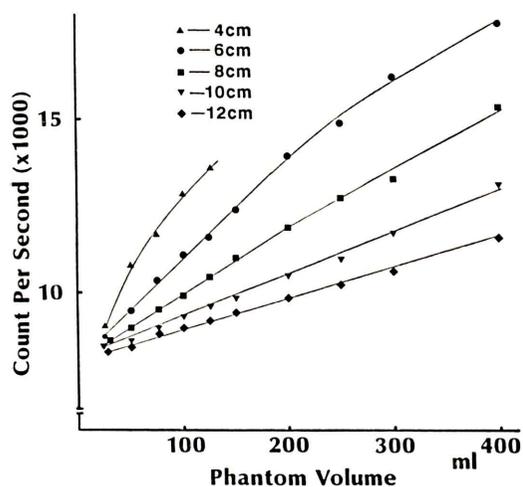


Fig. 7 Observed count rate of balloon phantom in various volumes and distances from the detector in water with background activity.

ようにファントムの容量が大きい場合に容積の過小評価を生じた。ファントムが水中にある場合は、計数率の減少を認めているものの、同様の結果が得られた。バックグラウンドの放射能が存在する場合でも同様の結果であった。これらのグラフより拡張末期容積、収縮末期容積と想定される容積

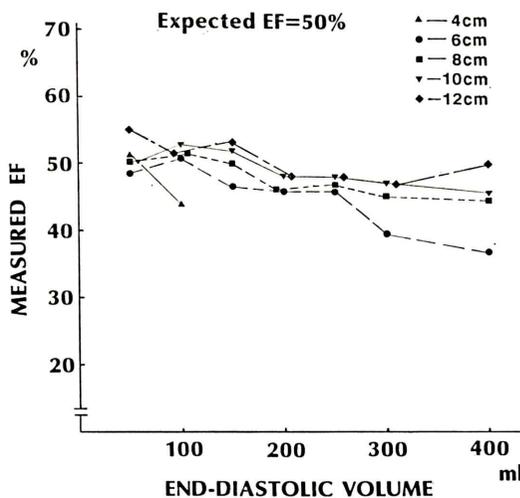


Fig. 8 Ejection fraction calculated from phantom study in air. True ejection fraction is 50%.

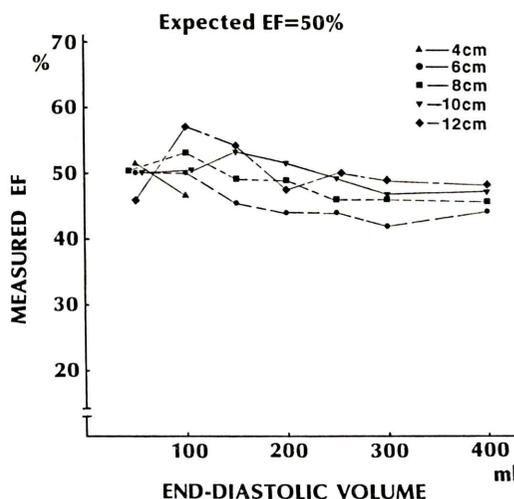


Fig. 9 Ejection fraction calculated from phantom study in water. True ejection fraction is 50%.

が 2:1 すなわち EF が 50% となるような容積を選びその計数率より EF を計算したものを Fig. 8-10 (それぞれ空気中, 水中, $^{99m}\text{TcO}_4^-$ を含む水中でのデータ) に示す。空中, 水中, バックグラウンドを有する水中いずれも全体として EF をやや過小評価する傾向がみられたが大きなずれは認

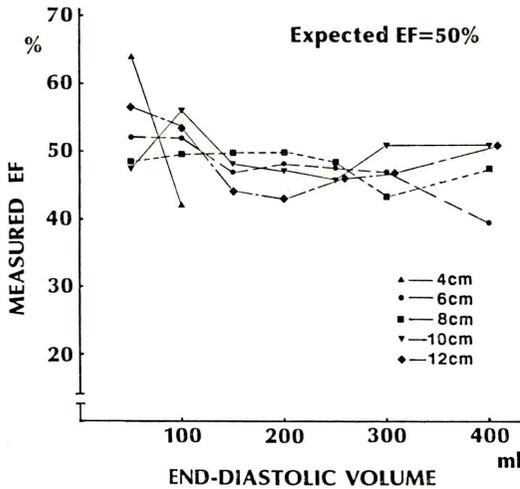


Fig. 10 Ejection fraction calculated from phantom study in water with background activity. True ejection fraction is 50%.

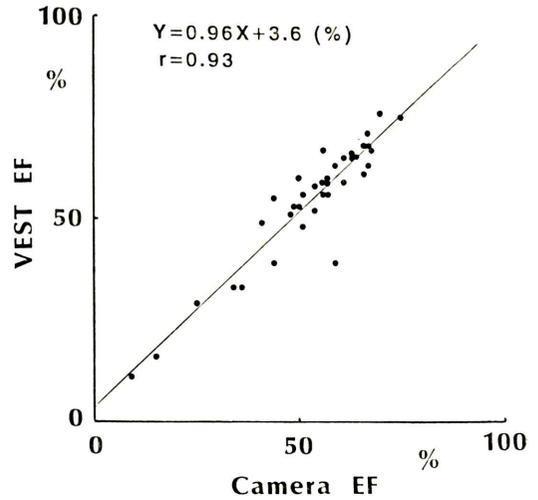


Fig. 11 Comparison of gamma camera and VEST ejection fraction.

Table 1 The effect of detector shift on ejection fraction

Direction	Distance of shift	Change of EF	p
Upper	1 cm	-3.0±2.2	<0.01
	2 cm	-6.3±3.3	<0.001
Right upper	1 cm	-2.0±2.7	ns
	2 cm	-6.3±3.2	<0.01
Right	1 cm	0.5±1.8	ns
	2 cm	0.4±2.8	ns
Lower	1 cm	-0.8±3.3	ns
	2 cm	-0.4±4.5	ns
Left	1 cm	-0.7±2.8	ns
	2 cm	-3.4±3.7	ns

EF: ejection fraction, ns: not significant.

められず臨床応用には問題ないものと考えられた。

2. 臨床例による基礎的検討

検出器の位置ずれによる影響: Table 1 に示すごとく, 上方 1 cm 以上, 右上方または左方 2 cm の検出器のずれにより平均 3.0 から 6.3% の LVEF の過小評価を生じた。それ以外の方向への 2 cm 以内のずれでは EF 変化に一定の傾向を認めず全体として有意の変化を示さなかった。

ガンマカメラ法との比較: Fig. 11 は, ガンマカメラ法と VEST により計測された LVEF の相関を示す。両者は有意の良好な正の相関 ($r=0.93$,

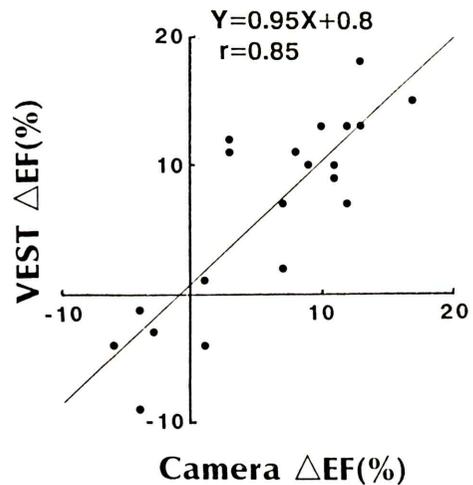


Fig. 12 Correlation of ejection fraction change (wEF) from rest to exercise and post exercise between gamma camera and VEST.

$n=37, p<0.001$) を示し, その回帰式は $Y=0.96X+3.6$ (X : ガンマカメラによる LVEF, Y : VEST による LVEF) であった。

多段階運動負荷時の LVEF の比較: ガンマカメラでの安静時から運動負荷および負荷後の EF 変化 (X) と VEST でのそれ (Y) は, $Y=0.95X+0.8$ (%) ($r=0.85, n=20, p<0.001$) の良好な相関を示した (Fig. 12)。

V. 考 察

運動負荷時の心機能変化を評価する方法として運動負荷心電図同期心プールシンチグラフィが広く用いられている。この方法は負荷中の局所壁運動評価法として非常に優れた方法であるが、通常1心拍を16~24に分割しそれぞれについてデータ収集し画像を作成するため、1回のデータ収集に最低90~120秒を要する³⁾。したがって特に心拍数が急激に変化する場合には、データの信頼性が低下し、また連続的な心機能評価には不向きであった。一方、シングルプローブ装置を用いた場合、画像は得られないが左心室全体の容積変化を、高い計数率で時間放射能曲線を得ることにより求めることができ、1心拍ごとの解析も可能である。携帯型持続心機能モニターはこのシングルプローブ装置としての特徴を生かしホルター心電図の感覚で beat-by-beat の連続的心機能測定をめざして考案されたものである。従来、ヨウ化ナトリウム (NaI) 検出器を用いたいわゆる核聴診器^{2~4)} や、さらにこの装置に超音波検出器を組み合わせた装置¹²⁾などが考案され用いられてきたが、大型の装置であり携帯は不可能であり、簡便に LVEF を測定できるという特徴を十分生かすことができないため普及には至らなかった。NaI 検出器による携帯型持続心機能モニターは Strauss らのグループにより開発され¹³⁾、基礎的、臨床的検討が成されてきており^{5~9,11)}、VEST という愛称で呼ばれている。一方 CdTe 半導体を用いた検出器は Bell¹⁴⁾、Martini¹⁵⁾ により開発されたもので、Hoffer ら¹⁶⁾はこの小型軽量の検出器は胸壁に密着させての使用が可能であるという特徴より心機能の測定に応用が可能であることを示した。この検出器をさらに発展改良し、測定装置全体を携帯可能なまでに小型軽量化したものが今回使用した CdTe-VEST 装置^{17,18)}である。本装置はすでに臨床応用されているがその基本性能、VEST 装置としての特徴、性能を明らかにしておくことが必要と考え今回の検討となった。

Cd-Te VEST 装置の基本性能：本装置の CdTe

検出器は、20 kcps 以下の計数率の範囲で実際の放射能と計数率の測定値は直線性を示し数え落しを示さず、計数率がこの範囲を越えると、次第に数え落しが大きくなった¹⁸⁾。ファントム実験では、1.11 GBq (30 mCi) の ^{99m}TcO₄⁻ が全身の循環血液量である 5,000 ml に分布した場合に相当する条件下でも、300 ml のファントムの計数率は 16 kcps 以下であり、臨床例においても計数率はすべて 20 kcps 以内にとどまり通常の臨床使用量 (740~925 MBq (20~25 mCi)) では数え落しによる問題はないものと考えられた。

左室ファントム容積と計数率の相関をみると、ファントム中心までの距離が 6 cm では容積 200 ml を越える場合、距離 8 cm 以上では容積 300 ml を越える場合に、容量の過小評価傾向を認めた。この原因として一つには等反応曲線からも解るように、ファントム容積が大きいとコリメータの中心軸から離れた場所では検出器の有効視野からはみだし、計数率(容積)の過小評価を生ずることが考えられる。また左室ファントム自身による自己吸収による計数率過小評価も考えられる。このことより、臨床では左室拡張が著明な場合には心室容量の過小評価が起こり得るが、300 ml までの許容範囲で、臨床で遭遇しうる大きさの左心室ではほとんど問題ないであろう。同様の現象はガンマカメラでも認められ、拡張末期容積が 300 ml を越えると計数率が次第に低下し、500 ml をこえると測定値がまったく不正確になると報告されている¹⁹⁾。

検出器の位置ずれ：検出器の装着部位が不適切であったり、データ収集中に検出器の左心室に対する相対的な位置のずれが生じた場合^{7,8,20)}、当然の事ながら測定値は不正確になる。検出器が左心室に対して上方ないし右上方にずれた場合、心房の影響が大きくなり見かけの LVEF は低下すると考えられる。左方にずれた場合も、計数率全体に対して左心室が影響する割合が相対的に低くなり LVEF は低下すると思われる。これに対し、右方へのずれが生じた場合はおもに右心室の放射能もカウントする事になるが右心室は左心室と同位

相で運動するため、LVEF への影響が小さいと考えられる。ただし、左心室と右心室の壁運動に著明な差が存在する場合には、LVEF の測定値に影響がでることが予想される。下方へのずれの 경우는、有意の変化が出現しなかったが、これは計数値全体に対して左心室の放射能の影響が小さくなり EF 過小評価に働く(左方へのずれのように)一方で検出器はおもに最も運動の激しい部位である左室心尖部の動きを中心にとらえこれは EF 過大評価に働くと考えられる。この両者の効果が相殺されて、下方へのずれの場合には有意の変化が出現しなかったと考えられる。以上より検出器の位置決めは慎重に行なわなければならない特に視野内に心房からの放射能を含まないように注意すべきであると思われる。日常動作中などに本装置を応用する際には、起立や方向転換などの上半身の大きな体動に伴って生じる心臓の一時的な移動が測定値に及ぼす影響が問題になることが推定されるが、そのような検討も今後必要になると考えられる。

EF 計測の信頼性：EF の測定値に関してはファントム実験でほぼ真の EF 値に近い値を示し、臨床例においても従来の核聴診器を始めとするシングルプローブ装置による報告と同様に、ガンマカメラにて測定した EF と良い相関を示した^{3-6,12)}。これは臨床例においてコリメータ表面から左心室中心までの距離が 6 cm 以上であると考えられたこと、著明な心拡大を示した症例がいずれもび慢性の壁運動低下を示し EF が低く (EF 25% 以下の 3 例) 絶対的な誤差が少なかったためと考えられた。安静時から運動時および負荷後の EF の変化 (Δ EF) が正確に測定されているか否かはやはり重要であるが、本 VEST 装置による Δ EF はガンマカメラ法と良く相関し EF 変化を正確に捕らえているものと思われた。本 VEST 装置の場合、サンプリング間隔が 50 msec と一定であるため心拍数が非常に大きくなると 1 心拍当りのデータ数が少なくなりデータを単純にスムージングした場合に LVEF の過小評価が生ずるが、本装置はこれに対してデジタルフィルターを用いる事により高心拍数領域における EF 過小評価を解決して

おり²¹⁾臨床応用に際して信頼性のある装置と判断された。

VI. 結 語

以上 CdTe 検出器を用いた VEST 装置は、その基本性能において臨床使用に際して十分に信頼性のあるものであると結論された。VEST はガンマカメラ法のように壁運動の評価はできないが、心機能の経時的な測定が行えることが大きな特徴であり、従来法では困難であった短時間に生じる心機能の変化、各種負荷中あるいは負荷後の経時的な心機能の変化のような、詳細な心機能の評価を可能にした事において高く評価される方法である。今後の益々の臨床応用が期待される。

文 献

- 1) Pfisterer ME, Ricci DR, Schuler G, et al: Validity of left-ventricular ejection fractions measured at rest and peak exercise by equilibrium radionuclide angiography using short acquisition times. *J Nucl Med* 20: 484-490, 1979
- 2) Strauss HW, Wake R, Nickoloff E, et al: The nuclear stethoscope: a simple device for generation of left ventricular volume curves. *Am J Cardiol* 38: 747-750, 1976
- 3) Wagner HN, Rigo P, Baxter RH, et al: Monitoring ventricular function at rest and during exercise with a nonimaging detector. *Am J Cardiol* 43: 975-979, 1979
- 4) Giles RW, Berger HJ, Barash PG, et al: Continuous monitoring of left ventricular performance with the computerized nuclear probe during laryngoscopy and intubation before coronary artery bypass surgery. *Am J Cardiol* 50: 735-741, 1982
- 5) 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
- 6) 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
- 7) 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) 報基礎的検討——. *核医学* 24: 289-295, 1987
- 8) 大嶽 達, 渡辺俊明, 小坂 昇, 他: 携帯用 RI 心機能モニター (VEST) の基礎的研究——バックグラ

- ウンドを中心に——. 核医学 **25**: 775-787, 1988
- 9) Breisblatt WM, Weiland FL, McLain JR, et al: Usefulness of ambulatory radionuclide monitoring of left ventricular function early after myocardial infarction for predicting residual myocardial ischemia. *Am J Cardiol* **62**: 1005-1010, 1988
 - 10) 今井嘉門, 荒木康史, 西尾祐香里, 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) 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* **66**: 1455-1458, 1990
 - 12) 井出 満, 兼本成武, 五島雄一郎, 他: オムニスコープ. 呼吸と循環 **32**: 1039-1045, 1984
 - 13) 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
 - 14) Bell RO, Wald FV: Recent advances in the preparation of CdTe for nuclear detectors. *IEEE Trans Nucl Sci NS-19*: 334-345, 1972
 - 15) Martini M: Semiconductor radiation probes for nuclear medicine and radiology. *IEEE Trans Nucl Sci NS-20*: 294-309, 1973
 - 16) Hoffer PB, Berger HJ, Steidley J, et al: A miniature cadmium telluride detector module for continuous monitoring of left-ventricular function. *Radiology* **138**: 477-481, 1981
 - 17) 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
 - 18) 村上 剛, 福田利雄, 梅本 享, 他: テルル化カドミウム 検出器を用いた 動態機能検査装置. *Radioisotopes* **35**: 20-23, 1986
 - 19) Strauss HW, McKusick KA, Boucher CA, et al: Of linens and laces—the eighth anniversary of the gated blood pool scan. *Semin Nucl Med* **9**: 296-309, 1979
 - 20) Berger HJ, Davies RA, Batsford WP, et al: Beat-to-beat left ventricular performance assessed from the equilibrium cardiac blood pool using a computerized nuclear probe. *Circulation* **63**: 133-142, 1981
 - 21) 汲田伸一郎, 西村恒彦, 林田孝平, 他: 携帯型 RI 心機能測定装置 (VEST) における時間分解能の補正——拍動型心臓ファントムを用いた検討——. 核医学 **27**: 809-814, 1990

Summary

Basic Evaluation of an Ambulatory Ventricular Function Monitor with Cadmium Telluride Detector

Junichi TAKI, Akira MURAMORI, Kenichi NAKAJIMA, Hisashi BUNKO, Ichiro MATSUNARI, Norihisa TONAMI, and Kinichi HISADA

Department of Nuclear Medicine, Kanazawa University School of Medicine

The reliability of a new ambulatory ventricular function monitor (VEST) with cadmium telluride (Cd-Te) detector was validated. No counting loss was observed under 20 kcps. In phantom study, more than 200 ml with 6 cm distance from the detector and more than 300 ml with 6-12 cm distance, underestimation of volume was observed. Ejection fraction (EF) calculated in phantom study showed close value to the true EF in 50-400 ml of end-diastolic volume. In 10 patients, 1-2 cm detector shift toward right upper, upper and left showed underestimation of EF. Good correlation

of gamma camera EF (X) and VEST EF (Y) was obtained ($Y=0.96X+3.6(\%)$, $n=37$, $r=0.93$, $p<0.001$). EF change from rest values, obtained from each comparable exercise and post exercise stage by gamma camera (X) and VEST (Y), showed good correlation ($Y=0.95X+0.8$, $n=20$, $r=0.85$, $p<0.001$). In conclusion Cd-Te VEST was considered as a reliable EF measurement technique similar to gamma camera.

Key words: Ambulatory ventricular function monitoring device, Cadmium telluride detector, Left ventricular ejection fraction.