

《原 著》

Cardiac probe による左室機能の解析

中居 賢司* 飯尾 正宏* 村田 啓* 川口新一郎*
 外山比南子* 千葉 一夫* 山田 英夫* 上田 廉二**

要旨 Cardiac probe system による左室駆出分画の測定法を検討した。本法は再現性が良く、本法による駆出分画は、心ピールゲイト法による値と良い相関 ($r=0.93$) を示した。この装置を用い、冠動脈疾患群で Isometric handgrip exercise 前後の駆出分画の評価を行なった。負荷前後の駆出分画は、正常群で $55\pm11\%$ から $61\pm7.8\%$ と増加をみたが、冠動脈疾患群では、 $61\pm3.2\%$ から $57\pm2.3\%$ と減少した。

本法は、非侵襲的で短時間での駆出分画の測定が可能であり、負荷前後の駆出分画の測定により、冠動脈疾患群の検出ができ、また、各種心疾患の経過観察、薬剤の効果判定などにも有用な検査法と考えられた。

はじめに

現在、左室機能を評価する上で左室駆出分画 (LVEF) が良い指標とされている。著者らの開発した高時間分解能法 (ECG ゲート法) による、平衡時法での各種心疾患における LVEF については報告したが^{1,2)}、現時点での ECG ゲート法は、精度の高い情報は得られるが、装置が高価で大型であるという不利な面を持っている。そこで、最近開発された Cardiac probe system を用い、ラジオアイソトープ 1 回急速静注後の第 1 回循環時の時間放射能曲線の分析による LVEF の測定法について検討を行なった。また、冠動脈疾患群への臨床応用を行ない、Isometric handgrip exercise (H-GEx) 前後の LVEF について検討したので報告する。

対 象

本院外来通院中および入院中の 15 症例で Table

1 に示してある。内訳は正常対照群 6 例、冠動脈疾患群 4 例 (3 例は冠動脈造影で 75% 以上の狭窄が確認されており、1 例は Thallium-201 ストレススキャンで灌流低下が認められた)、陳旧性心筋梗塞例 3 例 (3 例とも Thallium-201 スキャンで確認されている)、心不全例である。

方 法

Cardiac probe system (Gamma Cor RCG (Searle Radiographics)) は、LVEF を測定するためにデザインされた、ポータブルの γ 線検出器であり、2 つの NaI 検出器よりできている。Fig. 1 に示すごとく、中心部の円型の検出器は左室の放射能を、また、外周をとりまくドーナツ状の検出器は左室周囲の Background (BG) を検出するものである。時定数はそれぞれ 50 msec, 100 msec である。両者の時間放射能曲線 (Time-activity curve) よりなる Radiocardiogram (RCG) は Fig. 2 に示すごとく、オッショログラフ上に心電図と共に記録される。オッショロスコープ上でモニターできるので、平衡時の長時間の観察も可能である。

LVEF は RCG 上における End-diastolic count (EDc), End-systole count (ESc) および Background (BG) より次式を用いて計算し、ピークから 3 心拍の平均として求めた。さらに、Cardiac probe の位置による LVEF の変動については、 γ -

* 東京都養育院附属病院核医学放射線部

** 東京都養育院附属病院循環器科

受付：54年5月9日

最終稿受付：54年7月12日

別刷請求先：東京都板橋区栄町 35-2 (☎ 173)

東京都養育院附属病院

村 田 啓

Table 7 Cases studied

Case	Age	Sex	Diag.	At rest			During H-G Ex.*		
				HR	RPP	EF	HR	RPP	EF
IK	67	M	NOR	90	7929	52	115	13800	57
TU	68	M	NOR	74	6364	70	82	7624	71
YY	80	M	NOR	62	8246	41	75	10650.....65	
NS	52	M	NOR	68	7072	63	74	9028	66
KS	63	M	NOR	43	4980	44	60	8400	49
KN	28	M	NOR	58	5568	60	80	8440	63
KS	54	M	ANG	56	5376	60	74	9028	56
NH	62	M	ANG	52	4508	65	70	8820	58
HN	51	M	ANG	54	4482	57	64	7680	55
TH	65	M	ANG	60	6600	61	74	9038	60
TY	74	F	OMI	66	5940	53	72	8060	42
KA	71	M	OMI	90	8640	40	115	13570	47
YT	69	M	OMI	66	8184	44	76	11096	39
TO	73	F	CHF	50	4600	56	60	7680	52
SM	74	F	CHF	908	8640	44	114	10146	40

* H-G EX: Isometric Handgrip Exercise 30% of maximum voluntary contraction for 3 minutes

NOR: normal, ANG: angina pectoris

OMI: old myocardial infarction

CHF: congestive heart failure

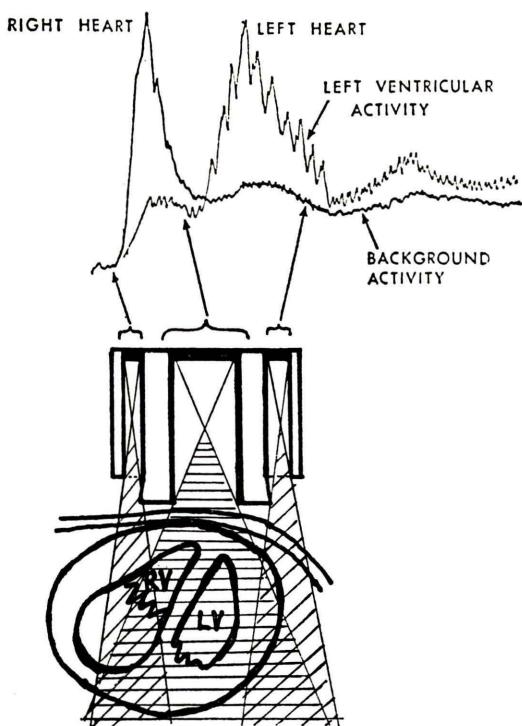


Fig. 1 Schema of the cardiac probe

LV: left ventricle

RV: right ventricle

カメラで得られた画像によるシミュレーションを行ない検討した。

$$\text{LVEF} = \frac{\text{EDc} - \text{ESc}}{\text{EDc} - \text{BG}}$$

安静時の記録は、あらかじめ仰臥位で撮影した胸部X線写真で確認した患者の左室領域に、Cardiac probeの中心を正面より設置し、右尺側肘静脈よりテクネチウム標識血清アルブシン2mCiをbolus静注直後にRCGを記録した。10分後にH-G Exを行ない、同一部位で同様の方法で負荷中の記録も行なった。また、原装置では実施しがたい平衡時法の記録を行なうため、新たに時定数100 msec, 200 msecからなるレンジを設定し、心拍ごとのLVEFも検討した。H-G Ex.は、市販の握力計(SMEDLEY's Hand Dynamic Meter)を用い、最大握力の30%で3分間持続法により行なった。安静時および負荷中の心拍数(HR)はモニター心電計SCM-11で記録し、血圧(BP)は標準カフ法によった。負荷量はRate pressure product(RPP)として表示し、次式より求めた。

$$\text{RPP} = \text{HR} \times \text{mean BP}$$

$$\text{mean BP} = 1/3 (\text{systolic BP} + 2 \times \text{diastolic BP})$$

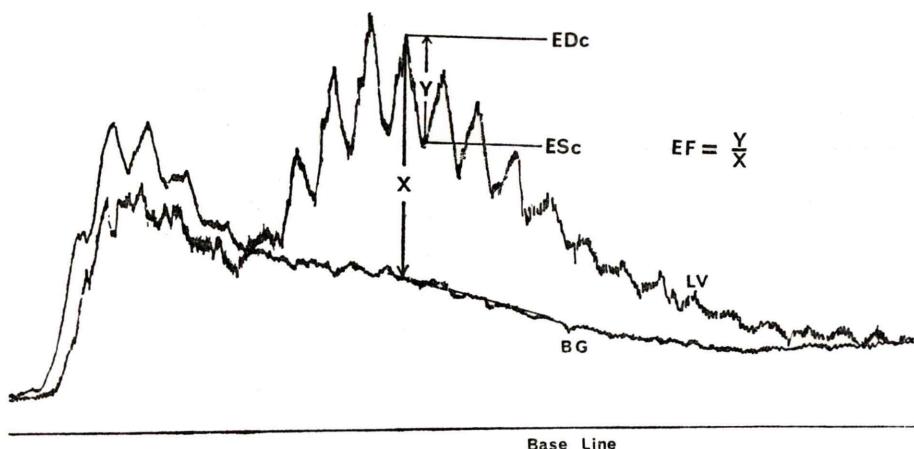


Fig. 2 Time activity curve in left ventricle of a normal case

EDc: enddiastolic count

ESc: endsystolic count

BG: back ground

また、12症例において、Cardiac probe 施行後に、さらにテクネチウム標識血清アルブミン10 mCi 追加し、心プール・ゲイト法を用いて LVEF を測定し、両法で得られた LVEF を検討した。

結 果

1) Cardiac probe の位置による LVEF の検討

Fig. 3 に示したごとく、 γ -カメラでシミュレートした検討では、各位置により LVEF 相違いがみられ、中心部の円型の検出器が左室中心をみている時は 63.8% であったが、左外方および下方に位置した場合には、それぞれ 71.5%，72.1% と LVEF は高値を示した。一方、内側に位置した時は 59.4% と低値を示した。このことは、Background count の上昇は 3 方向共にみられるが、左室の収縮に伴う RI count の変化を主として決定しているのは左室自由壁側であり、Cardiac probe が内側に位置した時の左室自由壁が関心領域より欠けるため LVEF は低値を示すものと考えられた。

2) Cardiac probe 法(第1回循環時法および平衡時法)と心プール・ゲイト法による LVEF の比較

12例の結果を Table 2 に示す。Cardiac probe に

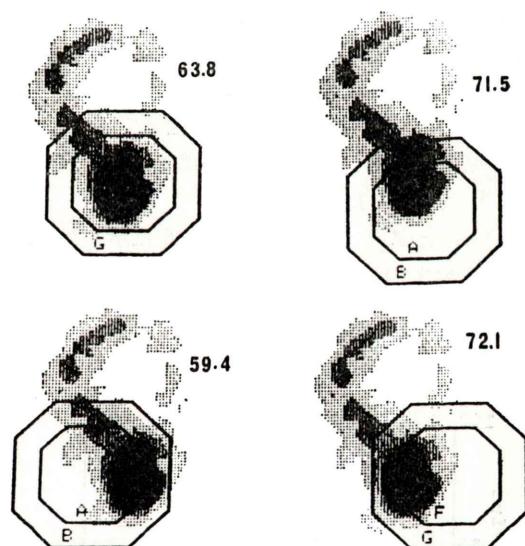


Fig. 3 A: correct detector position
: inadequate detector position

よる第1回循環時法と平衡時法の LVEF は $r=0.95$ の相関がみられた。また、心プール・ゲイト法との比較では、第1回循環時法 LVEF は $r=0.93$ 、平衡時 LVEF は $r=0.86$ の相関がみられた (Fig. 4)。

3) Cardiac probe 第1回循環時法による安静

Table 2 Comparison of ejection fractions obtained with various methods

Case	Diag.	Cardiac Probe		ECG Gated
		First pass (%)	Equilibrium (%)	Scintiscan (%)
TY	OMI	41	50	47
NS	NOR	63	60	66
ST	SEI	45	47	63
MK	ANG	68	60	83
KN	NOR	60	58	63
TS	SSS	50	45	57
TK	SEI	45	50	48
SE	AR	35	36	42
TK	CHF	22	25	21
BN	ANG	57	52	72
KS	ANG	60	60	61
NH	ANG	65	60	69

SEI: subendocardial infarction,

SSS: sick sinus syndrome

AR: aortic regurgitation

時と負荷時の LVEF を比較すると (Fig. 5), 正常対照群平均値では, $55 \pm 11\%$ から $61 \pm 7.8\%$ と増加したが, 冠動脈疾患群では $61 \pm 3.2\%$ から $57 \pm 2.3\%$ と減少し, 心筋梗塞群でも全例で減少した。心不全群は 2 例とも NYHA II 度であり, 負荷中 LVEF は減少した。

LVEF と RPP との関係を Fig. 6 に示したが, 正常対照群では負荷により LVEF は増加したが, 冠動脈疾患群, 陳旧性心筋梗塞群では LVEF は減

少し, 負荷に対する心予備能力の低下を示唆した。

症 例

[症例 1] KS 男子, 52歳, 狹心症

軽度の運動で発作を有する労作性狭心症で, Master double 負荷心電図では胸部誘導 V_{4~6} で ST 低下がみられ, Thallium-201 ストレス・スキャン (Fig. 7) でも前壁領域に灌流低下が認められた。Fig. 8 上段は, 安静時の RCG であり, 下段は, 負荷中の RCG である。負荷中の心電図記録で心室期外収縮がみられたが, それに一致して左室容積曲線にも変化がみられ, 心拍ごとの容積曲線の解析もある程度可能であった。

[症例 2] SM 女子, 74歳, 心不全

高血圧性心疾患による心不全で, Fig. 9 上段は入院時 (NYHA II 度) の記録で, 下段は翌日, 症状悪化に伴い肺野にラ音の聴かれた時 (NYHA IV 度) の記録である。本法による LVEF は症状をよく反映しており, 経過観察に有用であった。

[症例 3] KW 男性, 33歳, 正常

Fig. 10 は, 正常者での平衡時法による安静時および負荷時の RCG である。負荷による駆出分画の増加は有意ではないが, 心拍ごとの左室容積曲線はほぼ再現性があり, 平衡時における駆出分画の測定が可能であった。

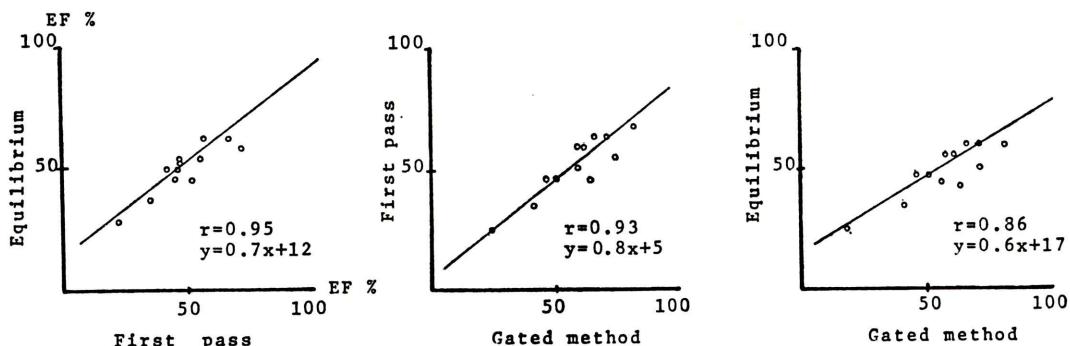


Fig. 4 Comparison of ejection fractions obtained cardiac probe system and ECG gated RI cardiography

Equilibrium: Equilibrium method using cardiac probe

First pass: First transit method using cardiac probe

Gated method: ECG gated RI cardiography

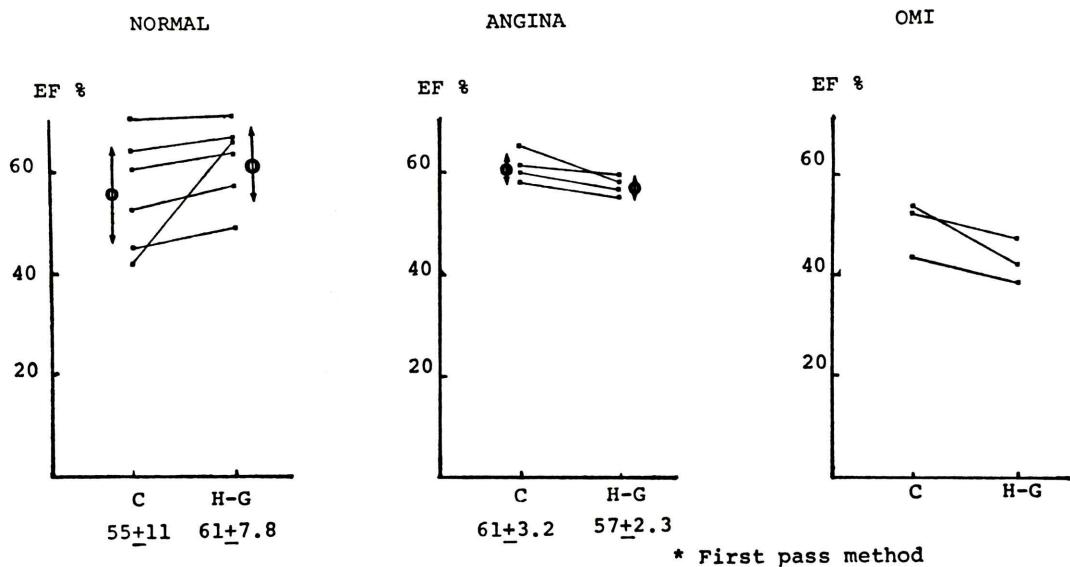


Fig. 5

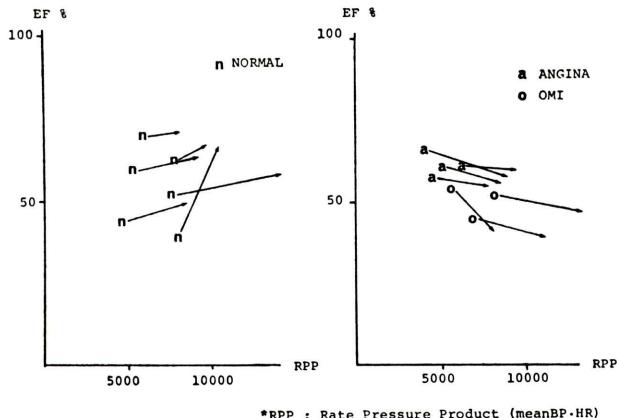


Fig. 6 Relationship between ejection fraction and rate pressure product in control and ischemic heart disease

考 案

左室駆出分画は左室機能を鋭敏に反映しており、冠動脈疾患の予後判定などに重要な指標といえる³⁾。従来 LVEF 測定のため心臓カテーテル手技による左室造影が中心に行なわれてきたが、手術侵襲が高いこと、血行動態を変えること、くり返し行なえないという欠点があった。そこで、Radic-

isotope tracer 使用による非侵襲的かつ安全な検査法の必要性が増してきている。

著者らも、Green ら⁴⁾の考案導入した γ -カメラ・コンピュータシステムを用いた高時間分解能法による ECG ゲート法に基づき、同様の方法を開発し、各種心疾患での LVEF を測定してきた¹²⁾。現在の ECG ゲート法は精度の高い情報は得られるが、処理に時間を要するため、緊急を要する実際

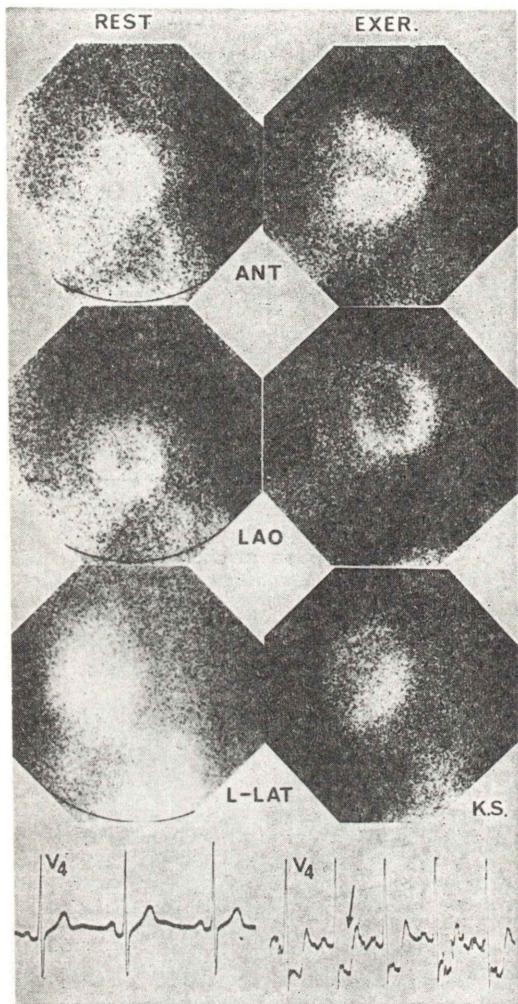


Fig. 7 Myocardial scan and ECG in a case with angina pectoris

の臨床では不満な面を持っている。

一方, Van Dyke^{5,6)} は Single probe を用いて得られる Time-activity curve の分析から LVEF を求める方法を検討している。同様の原理に基づく Cardiac probe system は、コンピュータ処理が不要で短時間の LVEF の測定が可能である。

著者らの Cardiac probe の位置による LVEF の検討では、中心部の検出器が左室領域よりずれると LVEF の変動がみられ、Cardiac probe の位置決めの重要性が明らかになった。今回の検査にお

いては胸部X線写真を参考にして位置決めをしたが、症例によっては心エコー図による正確な位置決めも必要であろう。また、本装置について著者らの開発した平衡時法は、モニター装置をみながら容易に位置決めが可能であった。

著者らは、全例でテクネチウム標識血清アルブシン 2 mCi を用い、右尺側静脈より bolus 注入し、生食 10 ml で flush する方法をとり。良い再現性を得ている。Floyd⁷⁾ はテクネチウム標識ズコロイドを用いた場合には、肝に集積し background が高くなるために、LVEF は 7% 増加したが、注入部位、方法による差はみられなかったという。

著者らの症例で、ガンマカメラ・コンピュータシステムによるゲート法と、Cardiac probe 法による LVEF を比較すると、その相関は第1回循環時法で $r=0.93$ 、平衡時法で $r=0.86$ となり、平衡時法で低値となる。このことは cardiac probe system は、平衡時法より第1回循環時法の方がやや精度が高いことを示唆しているといえよう。

以上の結果に基づき、著者らはその臨床応用として、近年増加の傾向にある冠動脈疾患 (CAD) の Handgrip Exercise に対する左心機能について検討した。CAD はその病態生理上、ストレス負荷による初めて coronary malperfusion を呈することが多く、安静時ののみではなく負荷中の左心機能評価が必要とされている⁸⁾。

著者らの症例では、CAD は 4 症例ではあるが、LVEF は安静時ほぼ正常にもかかわらず、Isometric handgrip 負荷中全例に低下をみた。Berger⁹⁾ は第1回循環時法による RI angiography で、CAD 群では、LVEF は安静時 $66 \pm 2\%$ から負荷中 $57 \pm 2\%$ に減少したと報告している。

H-G Ex は心臓の後負荷に対する予備能力をみており^{10,11)}、cycle ergometer を用いた dynamic exercise に比較して簡便で安価な負荷法といえる。負荷法としては、RPP にして安静時の 30% 以上增加すると有効と考えられた。

このように本法は負荷前後での LVEF の測定が容易にでき、CAD の左心機能評価に有用であった。

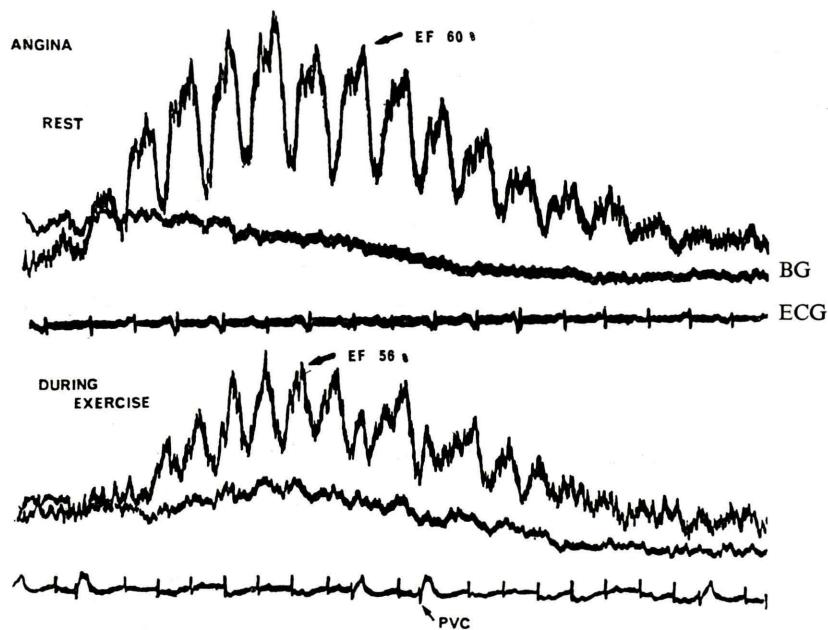
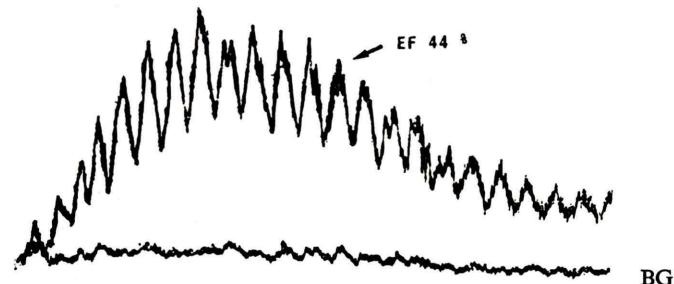


Fig. 8

CAD + CHF

without lung edema



with lung edema

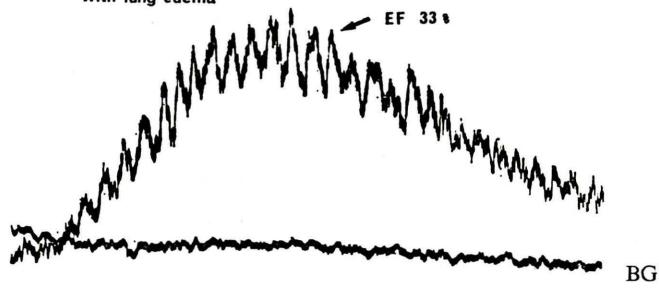


Fig. 9 Radiocardiogram in a case with cogestive heart failure

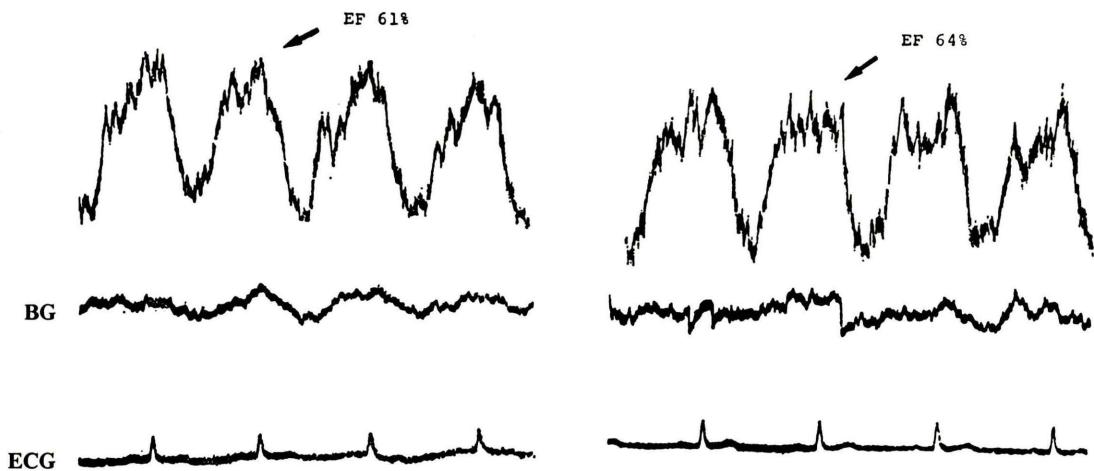


Fig. 10 Left ventricular volume curve obtained at equilibrium phase

結語

15症例で Cardiac probe を用いた第1回循環時法より Isometric handgrip exercise 前後のLVEFを検討した。本法は安全かつ簡便な検査法であり、CADの左室機能評価および経過観察に有用と考えられた。また、Cardiac probe による長時間モニター法として、平衡時法を導入することを試みた。

本研究の1部は第18回日本核医学学会総会にて発表した。

文 献

- 1) 外山比南子、飯尾正宏、村田 啓、他：高時間分解能法による経時的心プール及び心筋イメージング。核医学 **14**: 41, 1977
- 2) 村田 啓、飯尾正宏、外山比南子、他：心筋梗塞の核医学的診断。—ECG gated RI angiography—。心臓 **9**: 107, 1977
- 3) Cohn PF, Gorlin R: Dynamic ventriculography in the role of the ejection fraction, Am J Cardiol **36**: 529, 1975
- 4) Green PF, Ostrow FG, Dougla MA et al: High temporal resolution ECG gated scintigraphic angiography. J Nucl Med **16**: 95, 1975

- 5) Van Dyke D, Anger HO, Sullivan RW, et al: Cardiac evaluation from radioisotope dynamics. J Nucl Med **13**: 585, 1972
- 6) Steel PP, Van Dyke D, Trow RS et al: Simple and safe bedside method for serial measurement of left ventricular ejection fraction, cardiac output and pulmonary blood volume. Brit Heart J **36**: 122, 1974
- 7) Floyd JL, Sonnenmaker RE, Walisewski JA, et al: Probe radiocardiography; validation of a technique for determining left ventricular ejection fraction. J Nucl Med **19**: 703, 1978
- 8) Bodenheimer MM, Banka VS, Fooshee CM, et al: Detection of coronary heart disease using radioisotope determined regional ejection fraction at rest and during handgrip exercise; correlation with coronary arteriography. Circulation **58**: 640, 1978
- 9) Berger H, Reduto L, Johnstone D, et al: Global and regional left ventricular performance during gated bicycle exercise; assessment by first pass radionuclide angiography. J Nucl Med **19**: 710, 1978
- 10) Payne RM, Horwitz LD, Mullins CB, et al: Comparison of isometric exercise test for evaluation of left ventricular function. Am J Cardiol **31**: 428, 1973
- 11) Herfert RH, DeVilla MA, Meister SG: Effect of sustained isometric handgrip exercise on left ventricular performance. Circulation **44**: 982, 1971

Summary

Analysis of Left Ventricular Function Using Cardiac Probe System

Kenji NAKAI*, Masahiro IIO*, Hajime MURATA*,
Shin-ichiro KAWAGUCHI*, Hinako TOYAMA*,
Kazuo CHIBA*, Hideo YAMADA*, Keiji UEDA**

**Department of Nuclear Medicine & Radiological Science,*

***Division of Cardiology Department of Medicine, Tokyo Metropolitan Geriatric Hospital*

Measurement of ejection fraction by using Cardiac probe system was studied and compared. The first transit study, which was used dual detectorsystem, was designed as follows; the inner detector saw LV cavity and outer detector measured background activity. Immediately after the injection of 2 mCi of Tc-99m-HSA first transit study was performed at rest and during isometric handgrip exerise of 30% maximum voluntary contraction for 3 minutes.

The difficulty with Cardiac probe measurement relates accurate contribution of background. Our computerized cardiac simulation demonstrated some differences between probe positioning. First pass and equilibrium analysis by Cardiac probe were compared with high temporal resolution gated method. There was a good correlation between these three techniques to obtain ejection fraction ($\gamma=0.93, 0.86$). And correlation between first pass and equilibrium analysis was good

($\gamma=0.95$). By this method all of 6 control cases showed increase in ejection fraction from $55\pm11\%$ at rest to $62\pm8\%$ at stress. Whereas all 4 cases of CAD showed decrease in ejection fraction from $60\pm3\%$ at rest to $57\pm2\%$ of stress. Equilibrium method provides us beat by beat analysis of LV function.

The Carciac probe system could calculate ejection fraction without computor analysis and permits easy bed-side determination of serial EF in a 1-2 minutes, which was most useful during stress exercise. Isometric handgrip exercise is easily applied and safety administered stress. Therefore, Cardiac probe system made it possible to analysis global function of left ventricle of patient with CAD without any load on the patients and even under the physiological condition.

Key words: Cardiac Probe System, First pass method, Equilibrium method, Left ventricular ejection fraction, Isometric handgrip exercise