

《ノート》

RI, 左室造影, 心エコー法による心駆出率の測定

——心臓動態ファントムを用いて——

Ejection Fraction Measured by MUGA, LVG and UCG
Using Dynamic Cardiac Phantom

瀬戸 一彦* 内山 暁* 新井 誉夫** 林 三進*
 荒木 力** 中村 修** 日原 敏彦* 斉藤 吉弘*

Kazuhiko SETO*, Guio UCHIYAMA*, Yoshio ARAI*, Sanshin HAYASHI*,
 Tsutomu ARAKI**, Osamu NAKAMURA**, Toshihiko HIHARA*
 and Yoshihiro SAITO*

*Department of Radiology, Yamanashi University School of Medicine

**Department of Radiology, Yamanashi University Hospital

I. はじめに

左心機能を評価する上で, 心駆出率 (EF) は, 重要な指標の一つとされ, 心電図同期心プールシンチグラフィ法 (MUGA 法), 左室造影法 (LVG 法), 心エコー法 (UCG 法) 等により算出されている。これらの方法で求めた EF の間には, 良好な相関があるという報告は少なくないが, 心臓動態ファントムを用いて, これらの方法の EF 算出における精度について検討したものは少ない。今回, われわれは心臓動態ファントムを用いて, MUGA 法, LVG 法, UCG 法により EF を算出し, その平均値, 標準偏差, そして真の EF との相関係数から, これらの EF 算出における精度の評価を行った。

II. 装置および方法

使用した心臓動態ファントム (安西総業,

* 山梨医科大学放射線医学教室

** 同 附属病院中央放射線部

受付: 61 年 4 月 18 日

最終稿受付: 62 年 3 月 2 日

別刷請求先: 静岡県榛原郡榛原町細江 2887-1

(☎ 421-04)

榛原総合病院放射線科

瀬戸 一彦

Cardiac 2) は, 直径 15 cm, 長さ 20 cm の円筒形のアクリル製胴体ファントムの中央に, 天然ゴム製の心臓ファントムが存在する。心臓ファントムはバッファタンクに連なり, 胴体ファントムに連結されたドライブユニットのピストン運動によって, 受動的に心臓ファントムの収縮および拡張がおこる仕組みになっている。コントロールユニットは, 心臓の動きを制御するとともに, トリガーとしての R 波および容量曲線を出力する。心拍数は, 連続的に 20-150 回/分まで設定可能である (Fig. 1)。

心電図同期心プールシンチグラフィ法 (MUGA 法) には, 低エネルギー汎用コリメータ装着のガンマカメラ (東芝, GCA-10A) と核医学データ処理装置 (東芝, GMS-55A) を使用した。心動態ファントムのパラメータを変えて, EF を 40, 50, 60, 70, 80% の 5 とおりに設定して, 心拍数 70 で, 各 4 回の測定を行った。1 回の収集時間は 5 分間とした。データの前処理に関しては, 空間スムージングおよび時間スムージングについて検討した。心臓ファントムの輪郭抽出は, カットオフ値を設

Key words: Ejection fraction, Dynamic cardiac phantom, Radionuclide multigated acquisition method, Left ventriculography, Ultrasound cardiography.

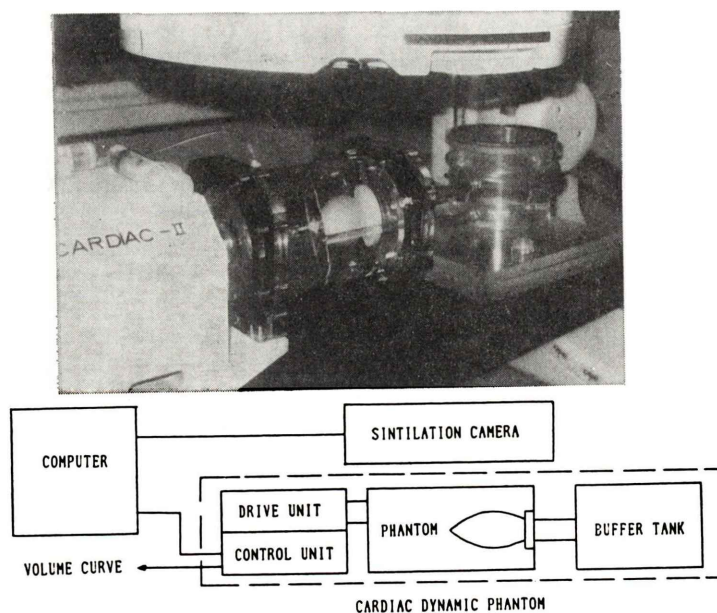


Fig. 1 Dynamic cardiac phantom.

```

***** < 2-D ANALYSIS > *****
ID: 1      NAME: 1      BIRTH DATE: 1      AGE: 1      SEX: 1      DIAG NO. 1: 1
ME DATE: 1  cm  HEIGHT: 1  kg  BSA: 1  M: 2      DIAG NO. 2: 1
COMMENT: 1

# SI-PL VOLUME #
(CAP/RAD DIASTOLIC)      (AP/RAD SYSTOLIC)
AREA 188.12 cm*2        AREA 182.17 cm*2
ROUND 58.67 cm          ROUND 42.76 cm
L-AXIS 17.88 cm          L-AXIS 15.48 cm
S-AXIS 14.82 cm          S-AXIS 8.48 cm
(CAREL-LEWIS METHOD)      (DODGE AP)      (KENNEDY RAD)
EDV INDEX 1758.7 ml      EDV INDEX 1669.6 ml      EDV INDEX 1391.9 ml
ESV INDEX 572.4 ml      ESV INDEX 541.3 ml      ESV INDEX 458.3 ml
SV INDEX 1186.3 ml      SV INDEX 1128.2 ml      SV INDEX 933.7 ml
EF 67.45 %              EF 67.58 %              EF 67.88 %
HR 67.45 /min            HR 67.58 /min            HR 67.88 /min
CO 1186.3 l/min          CO 1128.2 l/min          CO 933.7 l/min
CO INDEX                  CO INDEX                  CO INDEX

```

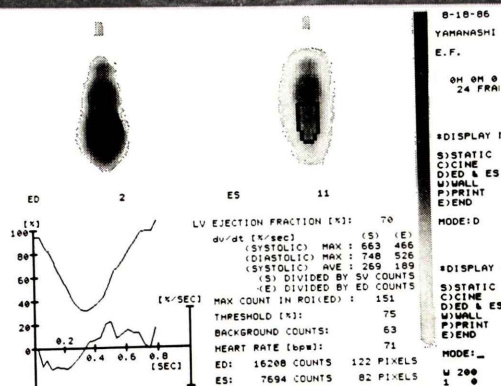
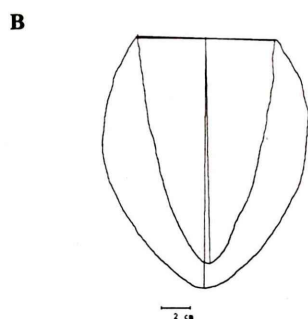
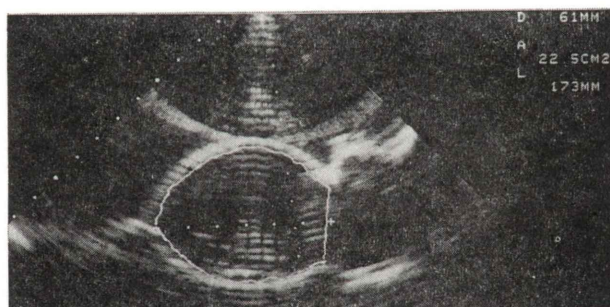
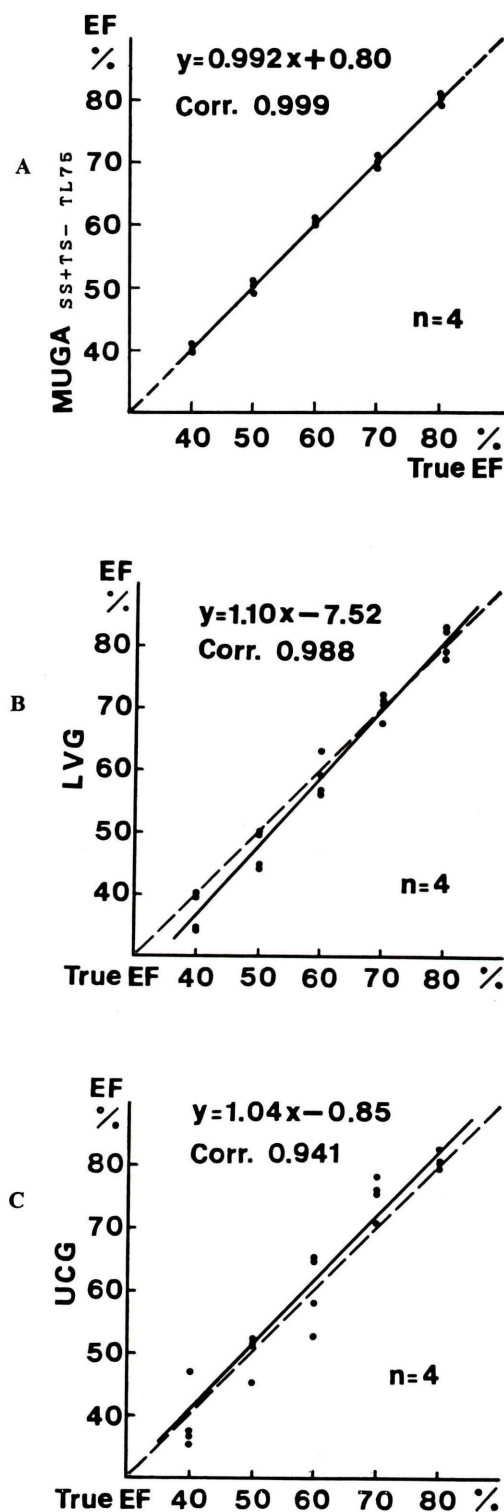


Fig. 2 (A) MUGA method. (B) LVG method. (C) UCG method.



定して、自動的に抽出した (Fig. 2-A). そのためのカットオフ値に関しては、関心領域内の最大計数値の 45% から 85% までについて検討したが、空間スムージングをかけ、カットオフ値を 75% とした場合、得られた値と真の EF との相関が最もよく、標準偏差も小さく、また、平均値も真の EF に近い値を呈した。MUGA 法においては、この場合が EF 算出における至適条件と考えられたため、LVG 法および UCG 法との比較では、この条件下における値を用いた。心臓ファントムと連なるバッファタンク内に Tc-99m 20 mCi を、胴体ファントム内には、バックグラウンドとして Tc-99m 5 mCi を注入したが、注入量の決定にあたっては、心臓ファントムおよび心臓ファントム外側の胴体ファントム内に ROI を設定し、関心領域内の最大計数値の比が、人体に Tc-99m を投与し、ROI を左室と周囲組織 (バックグラウンド) に設定した場合の、関心領域内の最大計数値の比にほぼ等しくなるようにした。バックグラウンド補正のための関心領域は、最大拡張期における心臓ファントムの輪郭より 2 ピクセル離れた場所で 2 時から 7 時の位置に 2 ピクセルの幅で設定した。

左室造影法 (LVG 法) には、シネアンギオ装置 (シーメンス、アンギオスコープ A) を使用し、ファントムの上方より撮影を行った。EF 算出にあたっては、画像解析装置 (シグマ 5) を使用し、用手法により心臓ファントムの輪郭を抽出後、エリア・レンジス法により容積を求め、EF を算出した (Fig. 2-B). 心臓ファントム内には、30% コンレイを 8 倍に希釈して注入した。

心エコー法 (UCG 法) には、心電図同期エコー装置 (東芝、SSH-60A) を使用し、3.75 MHz のプ

Fig. 3 (A) Correlation of MUGA ejection fraction with true ejection fraction.

SS: spatial smoothing

TS: time smoothing

TL: threshold level

(B) Correlation of LVG ejection fraction with true ejection fraction.

(C) Correlation of UCG ejection fraction with true ejection fraction.

ローブによる長軸断面図から、エリア・リングス法 (Dodge らの single-plane 法) により心臓ファントムの容積を求め、EF を算出した (Fig. 2-C). この場合には、心臓ファントム内に、蒸留水を注入した。

Table 1 Ejection fraction measured by MUGA, LVG and UCG method

True	40	50	60	70	80
MUGA	40	51	60	70	80
	40	50	61	71	81
	41	49	61	69	81
	41	51	61	70	79
LVG	39.6	44.0	56.1	67.5	79.2
	33.9	44.5	59.2	70.6	78.1
	40.0	50.1	56.6	72.0	82.3
	34.6	49.5	63.0	71.0	82.8
UCG	35.4	51.6	64.8	75.9	82.4
	37.2	52.0	64.7	71.2	80.7
	36.1	51.1	52.4	78.1	79.7
	47.0	45.1	58.1	75.6	80.4

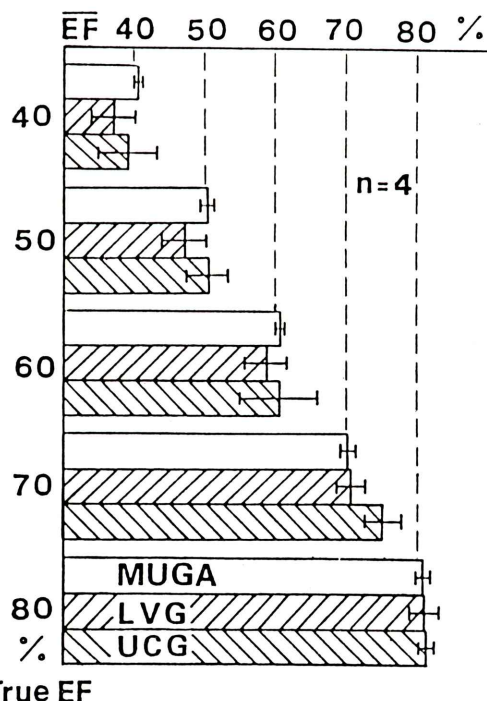


Fig. 4 Comparison of mean EF between MUGA, LVG and UCG method.

III. 結 果

真の EF と MUGA 法で算出した EF との関係を Fig. 3-A に示す。相関係数 0.999 と良好な相関を示し、真の EF に近い値が得られた。

真の EF と LVG 法で求めた EF との関係を Fig. 3-B に、真の EF と UCG 法で求めた EF との関係を Fig. 3-C に示す。LVG 法および UCG 法で求めた EF は、ともに相関係数 0.998 および 0.941 と真の EF と良好な相関を呈した。

MUGA 法、LVG 法、UCG 法で算出した EF を Table 1 および Fig. 4 に示す。その結果、真の EF との相関に有意差はなく、いずれも良好な値を示した。また、MUGA 法で求めた EF は、標準偏差が小さく、真の EF に近い値を呈した。

IV. 考 察

LVG 法は、MUGA 法や UCG 法が開発される以前から、EF を算出する手段として用いられてきたが、侵襲的であるという欠点を有している。これに対し、MUGA 法や UCG 法を用いれば、非侵襲的に、かつ簡便に EF を求めることが可能である。これらの方法で求めた EF の間には、良好な相関が認められるという報告¹⁾は少なくないが、EF 算出における精度についての検討は、近年優れた心臓動態ファントムが開発されることにより可能となった^{2,3)}。Burrow ら⁴⁾は、球形の心臓動態ファントムを用いて、われわれと同様の実験を行い、LVG 法で求めた EF よりも、MUGA 法で求めた EF の方が、真の EF に近い値を呈したと報告している。Burrow らのファントムは、EF を変えることのできないものであったが、われわれは、任意の EF を設定できるタイプのものを使用し、40% から 80% までの広い範囲にわたって検討を加えることができた。結果として、MUGA 法で求めた EF は、標準偏差が小さく、真の EF に近い値を呈した。このような結果が生じた原因としては、1) MUGA 法では、一定のカットオフ値を用いて自動的に輪郭を抽出しているのに対し、LVG 法や UCG 法では、用手法で決

定しているため、再現性が MUGA 法に比べて低い。2) 前者は、関心領域内の放射能計数値から EF を算出するのに対し、後者では、エリア・レングス法で容積を求めてから EF を計算する。3) エリア・レングス法で容積を求める場合、左心室腔を回転楕円体と仮定しているなどが考えられる。

バックグラウンド ROI のとり方、カットオフ値の選び方などのについては、ファントムを対象としたために一定の良好な条件が得られたが、患者が対象のときは、MUGA 法においても誤差の原因になり得る。LVG 法や UCG 法の左心腔を回転楕円体と仮定することによる誤差と比べて、臨床上これらがどの位全体としての誤差に寄与するかについては、別の方法を用いての検討が必要であろう。このファントムによるデータは、一つの心室のみを想定したものであり、実際の臨床においては、左室と右室の分離が困難な場合があり得る。また、平衡時法で右室の EF を求める場合には、右房との重なりが問題となり、これらが EF 算出時に誤差を生む原因となる。これらの誤差の原因に対する対策は、心電図同期法を加えた SPECT であろう。SPECT による EF と、Planar image の EF の比較を、同じファントムを用いて行っているが、これはほかの機会に報告したい。

V. まとめ

心臓動態ファントムを用いて MUGA 法で求めた EF は、LVG 法や UCG 法で求めた EF と同様に真の EF と良好な相関を示した。また、MUGA 法で求めた EF は、標準偏差が小さく、真の EF に近い値を呈した。したがって、実際の患者の測定にあたっては、他の条件が一定でかつ誤差の要因が最小にされているならば、MUGA 法は EF 算出に関し、精度の高い検査法であると考えられる。

文 献

- 1) Folland ED, Hamilton GW, Latson SM, et al: The Radionuclide Ejection Fraction: A Comparison of Three Radionuclide Techniques with Contrast Angiography. *J Nucl Med* 18: 1159-1166, 1977
- 2) Makler PT Jr, McCarthy DM, Bergey P, et al: Multiple-Hospital Survey of Ejection-Fraction Variability Using a Cardiac Phantom. *J Nucl Med* 26: 81-84, 1985
- 3) 井上登美夫, 井上寛一, 佐々木康人: 心電図同期心プールシンチグラフィ用動態ファントムの試作と評価. *核医学* 22: 261-268, 1985
- 4) Burrow RD, Strauss HW, Singleton R, et al: Analysis of Left Ventricular Function from Multiple Gated Acquisition Cardiac Blood Pool Imaging: Comparison to Contrast Angiography. *Circulation* 56: 1024-1028, 1977