

心電図同期 MRI 法による左室心筋重量の測定

鈴木淳一¹, 小糸仁史¹, 中森久人¹, 岩坂壽二¹,
 稲田満夫¹, 加藤 勤², 田中敬正²

¹関西医科大学第二内科 ²同 放射線科

はじめに

心肥大,特に左室肥大の有無を判定することは,種々の心疾患の診断や治療および予後の判定の上で非常に有用である。従来,左室肥大の診断には胸部X線や心電図が用いられてきたが,これらは特異度が高いものの感度が低いとされている¹⁾²⁾。左室肥大の定量的評価としては,左室心筋重量が用いられており,Mモード心エコー法により算出された左室心筋重量が一般的に使われている³⁾。しかしながら,心エコー法は,検者の技量や被検者の状態および心筋肥大の形式によって常に正確な左室心筋重量が算出されるとは限らない。近年臨床の現場に普及してきたMRIは,任意の断面を描出することができ,検者の技量や被検者の状態に関係なく良好な画像を得ることができるので,左室心筋重量の測定に適していると考えられる。本研究では,MRIより算出した左室心筋重量が臨床上使用可能であるかどうかを再現性を含めて検討した。

対象及び方法

対象は,理学的所見や心電図および胸部X線に異常のない健常志願者14名(男性10名/女

性4名/21-67歳/平均37歳)である。MRIによる左室心筋重量の測定には,area-length法およびSimpson法を用い,Mモード心エコー法より算出した左室心筋重量と比較検討した。また,Simpson法より求めた左室心筋重量に関しては検者内および検者間の再現性も検討した。

1) 心電図同期 MRI 法による撮像条件

用いたMRI装置は,三洋電機社製0.15T永久磁石型MRI(SNR-15P)であり,パルス系列は,繰り返し時間(TR):R-R間隔ないしR-R間隔の2倍,エコー時間(TE):44msの心電図同期スピネコー(spin echo,SE)法で行なった。マトリックス:256×128,スライス厚:10mm,FOV:35cm,加算回数:2ないし4回で撮像した。

2) 左室短軸断面決定方法

断面決定は,心電図同期法で,Fig.1に示す如くchain oblique法を用い,できる限り真の長軸及び短軸に近い像を得る事を目的とした。まず,パイロットの冠状断面像(Fig.1A)より体軸横断面像を撮像する(Fig.1B)。次に,体軸断面像における仮の心尖部と僧帽弁輪中点を結ぶ仮の長軸断面像を撮像し(Fig.1C),この長軸断面像に直交する短軸断面像を撮像する(Fig.1D)。左室短軸像の左心室の中心と心室中隔の中点を通るように位置決めをし,左室四腔像を

キーワード ECG-gated MRI, left ventricular mass, M-mode echocardiography

撮像し (Fig.1E), 左室四腔像の心尖部と僧帽弁輪中点を結ぶ断面を真の左室長軸像とした (Fig.1F). この長軸断面像に直交する短軸断面像を拡張末期に合わせ、4 ないし 5 断面撮像した (Fig.1G, H, I, J).

3) 心電図同期 MRI 法による左室心筋重量測定方法

Area-length 法および Simpson 法により拡張末期像の左室外縁および内縁の体積を求め、そ

の差を左室心筋体積と考え比重 1.05 を乗じることにより左室心筋重量を算出した。

A) Area-length 法による左室容積測定

Area-length 法による容積算出は、左室を回転楕円体と仮定し、Fig.2 に示す如く左室長軸 (L) および左室短軸 (D) より求めた⁴⁾。

B) Simpson 法による左室容積測定

Fig.3 に示す如く、左心室を 1 個の円錐①と 5 ないし 6 個の円柱 (②—⑤ないし⑥) からなる

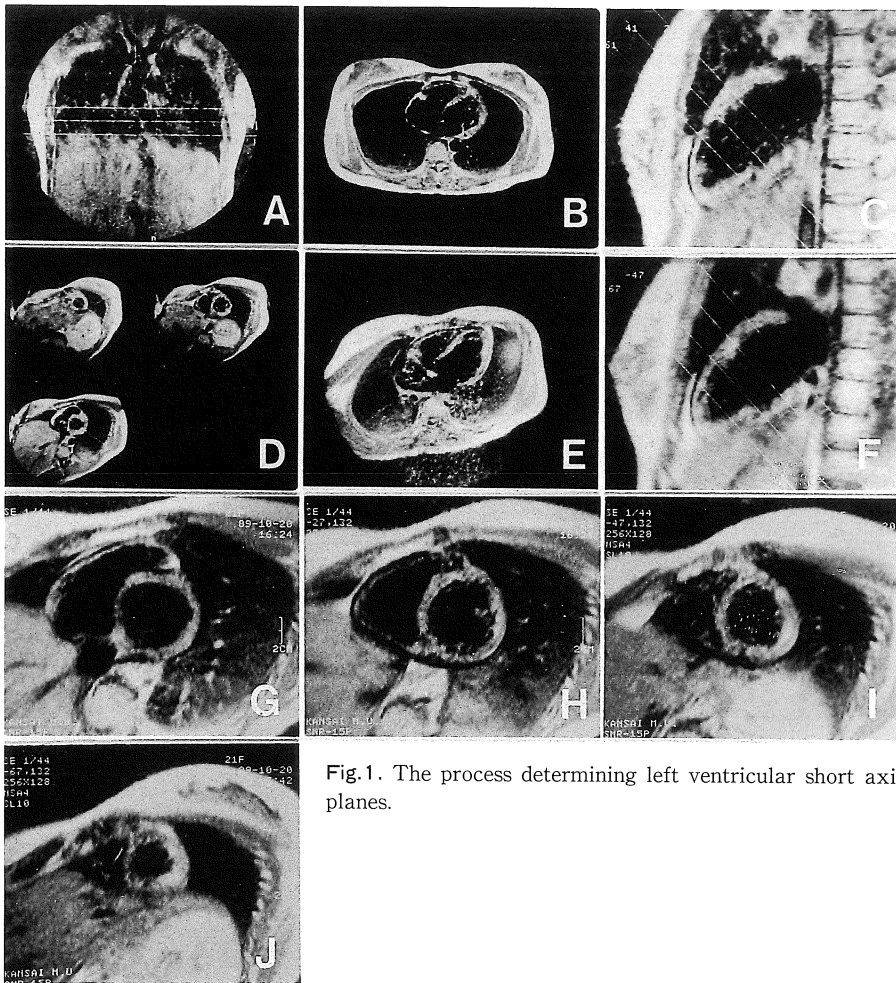
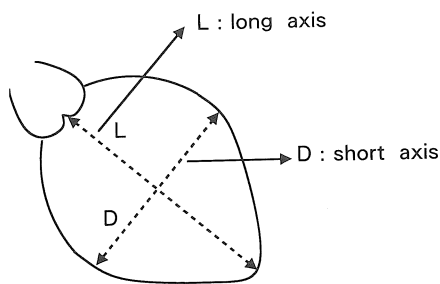


Fig.1. The process determining left ventricular short axis planes.



$$LVV = \left(\frac{\pi}{6}\right) \cdot L \cdot D^2$$

Fig.2. Area-length method.

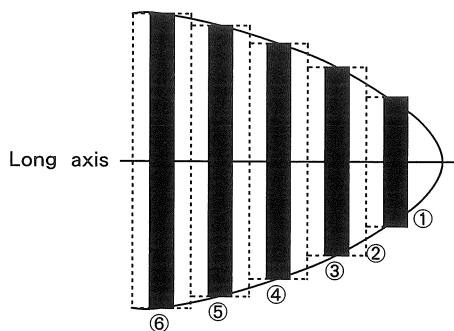


Fig.3. Simpson method.

器とみなした。拡張末期左室長軸像から円錐および円柱の高さを計測するとともに、4ないし5断面の拡張末期左室短軸断面像の断面積を手動的に求め、Simpson法により算出した。

C) Simpson法による左室心筋重量の再現性

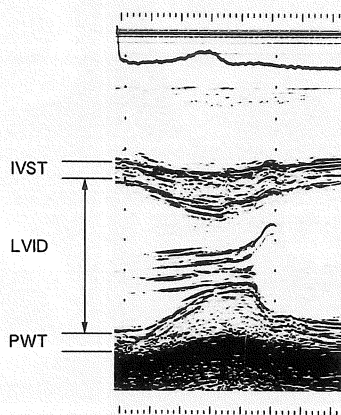
Simpson法においては、同一検者が一週間以上間隔をおいて二度測定する検者内再現性と、二人の互いに結果を知らない検者が別々に測定する検者間再現性を検討した。

2) Mモード心エコー法による左室心筋重量の測定

心エコー装置は、アロカ社製 SSD-870 を用い 3.5MHz の探触子で胸骨左縁より行い、断層心エコーガイド下に乳頭筋直上で心室中隔と左室後壁に直交する断面のMモードをペーパースピード 100mm/s で記録した。左室心筋重量は、Fig. 4 に示す如く、拡張末期左室内径 (LVID)、左室後壁壁厚 (PWT)、心室中隔壁厚 (IVST) を計測し、Penn convention 法より算出した³⁾。

結 果

Mモード法 (M法) より算出した左室心筋重量は 170±34g (Mean±SD)、Simpson法 (S法) では 172±41g、area-length法 (A法) では 180±59g と M法、S法および A法の3者間



$$LVmass = 1.04 [(LVID + PWT + IVST)^3 - LVID^3] - 13.6$$

LVID : left ventricular internal dimension
PWT : posterior wall thickness
IVST : interventricular septal thickness

Fig.4. Penn convention method.

でほとんど差はなかった (Fig.5)。また、M法とS法の左室心筋重量は相関係数 $r=0.87$ ($p<0.01$, $Y=1.05X-7$) とかなり良好な相関を示したが (Fig.6)、M法とA法の左室心筋重量は $r=0.70$ ($p<0.05$, $Y=1.22X-27$) と有意な相関はあるもののS法より明らかに低かった (Fig.7)。S法とA法の左室心筋重量の相関は $r=0.61$ ($p<0.05$, $Y=0.88X+29$) であった (Fig.8)。S法における左室

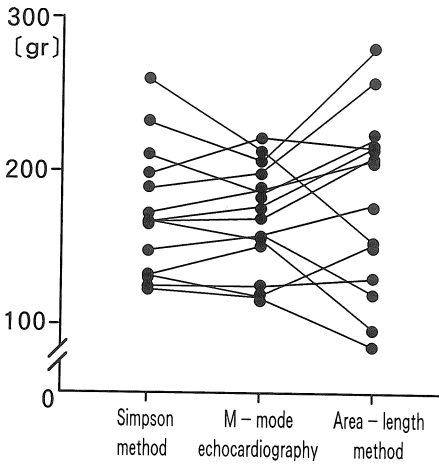


Fig.5. LV mass by each method.

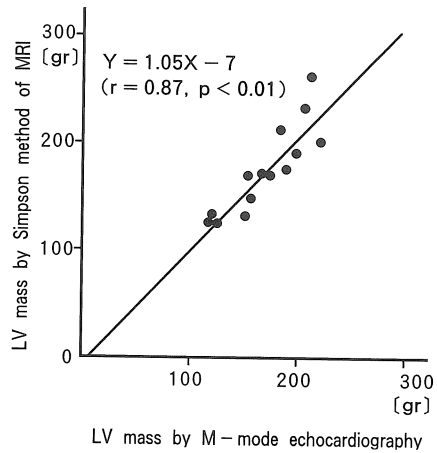


Fig.6. Correlation of LV mass between Simpson method of MRI and M-mode echocardiography.

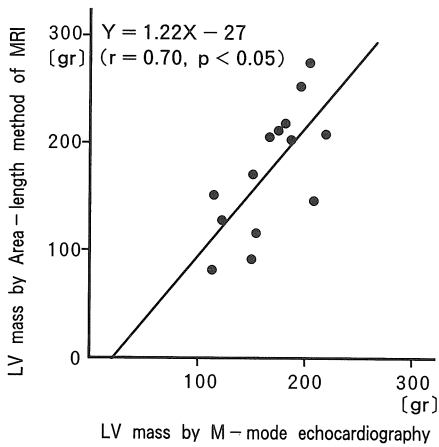


Fig.7. Correlation of LV mass between M-mode echocardiography and Area-length method.

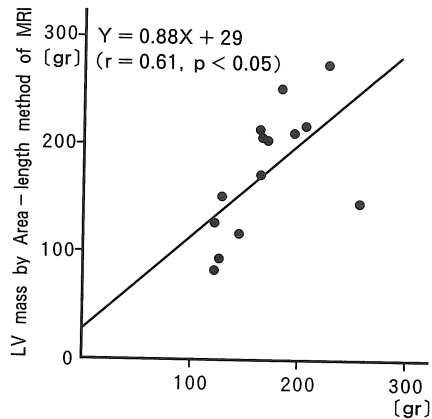


Fig.8. Correlation of LV mass between Simpson method of MRI and Area-length method of MRI.

心筋重量算出の再現性は、検者内 $r=0.93$ ($p < 0.01, Y=0.95X-2$), 検者間 $r=0.93$ ($p < 0.01, Y=1.04X-7$) とどちらも良好であった (Fig.9).

考 察

左室肥大の定量的評価方法である左室心筋重量の測定法は、現在まで、左室造影法^{5),6)},

SPECT 心筋シンチ法⁷⁾, 心電図同期 X 線 CT 法⁸⁾, 心エコー法^{9),10)}等が用いられてきた。しかしながら、左室造影法は侵襲的検査法で繰り返すことが困難であり、撮影方向によっては心筋肥大があっても見逃されることがある。SPECT 心筋シンチ法は、左室造影法による左室心筋重量とよく相関するという報告があるものの⁷⁾, 心電図同期をしていない為心筋辺縁の同定

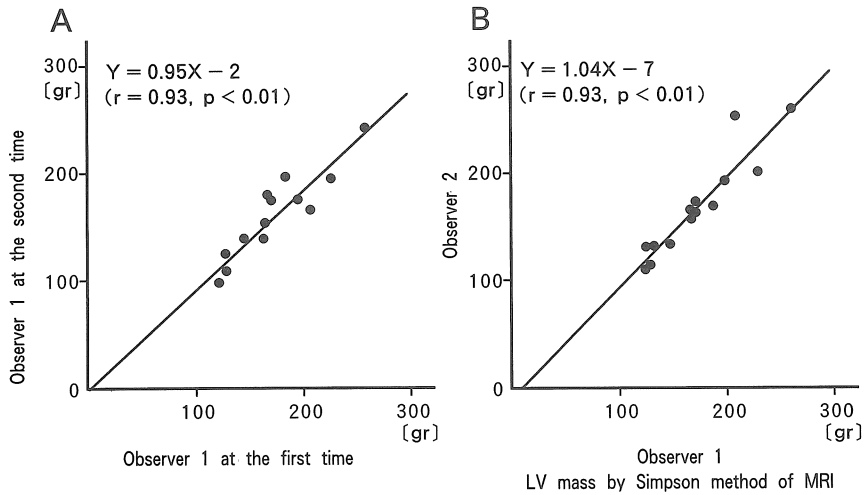


Fig.9. A) Correlation of left ventricular mass by Simpson method of MRI between the first time and the second time by Observer 1.
 B) Correlation of left ventricular mass by Simpson method of MRI between Observer 1 and Observer 2.

が難しいことや使用する核種の Tl-201 が心筋血流に影響され虚血や梗塞を合併する症例では不正確になるという欠点がある。心電図同期 X 線 CT 法は、造影剤を静脈内注射することにより心血管内腔の X 線吸収度を増加させ心筋と心内腔を区別して描出させる方法である為放射線被曝量が多い。又ヨード過敏者には施行することができず、常に造影剤の副作用に注意しておく必要がある。その上、画像は、造影 CT より得られた生データを心時相別に再合成した像であり時間分解能に劣っている。最近開発された超高速 CT 法¹¹⁾は、スキャンスピードが飛躍的に向上した為撮影時間が短くすむ利点があるが、寝台の動く範囲に制限があり正確な左室長軸像や短軸像が常に得られるとは限らず、心電図同期 X 線 CT 同様造影剤を使用せねばならない。心エコー法による左室心筋重量の計測は非侵襲的で繰り返し行うことができ、M モード法、断層法ともに左室造影法や剖検心と良好な相関が報告されている^{9),10)}。しかし、心エコー法は、被検者の体型や胸膜および肺病変、心臓と肋間の位置

関係等により計測に耐えうる良好な画像を得られない場合が多く、検者の技量にも大きく影響される。また、左室を回転楕円体と仮定している為、不均等な肥大を示す肥大型心筋症等では正確な左室心筋重量の算出は難しい。その点、近年臨床の場に普及してきた心電図同期 MRI 法は、非侵襲的で、X 線 CT のような放射線被曝がなく、造影剤を使用することなしに心筋と心内腔を分離描出することができる。また、心エコー法のように被検者の状態や検者の技量による差はなく、任意の断面を容易に描出することができる為、正確な左室長軸像や短軸像を得ることが可能であり、より正確な Simpson の原理を適応できる利点がある。一方、撮像時間が現時点ではまだ長く、心臓ペースメーカーや外科クリップ等の磁性体物質の体内装着者には施行できない等の欠点も持っている。今回、健常者において心電図同期 MRI 法より算出した左室心筋重量を M モード心エコー法から得た左室心筋重量と比較検討したが、心筋壁厚が比較的均一である健常者においては M モード法の Penn

convention method を用いればかなり精度の高い左室心筋重量が算出されると考えたからである。心電図同期 MRI 法で Simpson 法より得られた左室心筋重量は、M モード法のそれとほぼ同じ値を示し、両者の相関も $r=0.87$, $Y=1.05X-7$ と良好であったので臨床使用可能と考えられた。Area-length 法による左室心筋重量は、M モード法や Simpson 法のそれと比較して近い値が算出されたが、M モード法との相関は、 $r=0.70$, $Y=1.22X-27$ と Simpson 法に比べて明らかに低く左室心筋重量測定の算出には Simpson 法の方が優れていると考えられた。また Simpson 法による左室心筋重量の再現性は、同一検者が時間をおいて計測算出した検者内再現性が 1 回目と 2 回目で $r=0.93$, $Y=0.95X-2$ 、二人の検者が別々に計測算出した検者間再現性が $r=0.93$, $Y=1.04X-7$ とどちらも良好であった。以上より、心電図同期 MRI 法を用い Simpson 法より算出した左室心筋重量は、精度が高く再現性も良好な為、臨床上十分使用可能であると考えられた。

ま と め

1) Simpson 法にて心電図同期 MRI 法より算出した左室心筋重量は、M モード法より算出した左室心筋重量と $r=0.87$, $Y=1.05X-7$ の良好な相関を得た。

2) Area-length 法にて心電図同期 MRI 法より算出した左室心筋重量は、M モード法より算出した左室心筋重量と $r=0.70$, $Y=1.22X-27$ と Simpson 法に比し相関が悪かった。

3) Simpson 法による左室心筋重量測定の再現性は、検者内再現性 $r=0.93$, $Y=0.95X-2$ 、検者間再現性 $r=0.93$, $Y=1.04X-7$ と良好であった。

4) 心電図同期 MRI 法を用い Simpson 法より算出した左室心筋重量は、臨床上十分使用可能であると考えられた。

尚、本研究は平成 2 年度文部省科学研究費補

助金 奨励研究 (A) 課題番号 02770520 および第 8 回関西医科大学同窓会 50 周年研究助成 (加多乃賞) の助成を受けた。

文 献

- 1) Reichek N, Devereux RB : Left ventricular hypertrophy : Relationship of anatomic, echocardiographic and electrocardiographic findings. *Circulation*, 63 : 1391-1398 1981.
- 2) Levy D, Labib SB, Anderson KM, Christiansen JC, Kannel WB, Castelli WP : Determinants of sensitivity and specificity of electrocardiographic criteria for left ventricular hypertrophy. *Circulation*, 81 : 815-820, 1990.
- 3) Devereux RB, Reichek N : Echocardiographic determination of left ventricular mass in man : Anatomic validation of the method. *Circulation*, 55 : 613-618, 1977.
- 4) Greene DG, Carlisle R, Grant C, Bunnell IL : Estimation of left ventricular volume by one-plane cineangiography. *Circulation*, 35 : 61-69, 1967.
- 5) Rackley CE, Dodge HT, Coble YD, Hay RE : A method for determining left ventricular mass in man. *Circulation*, 29 : 666-671, 1964.
- 6) Kennedy JW, Reichenbach DD, Baxley WA, Dodge HT : Left ventricular mass : A comparison of angiocardiographic measurements with autopsy weight, *Am J Cardiol*, 19 : 221-223, 1967.
- 7) Wolfe CL, Jansen DE, Corbett JR, Lipscomb K, et al. : Determination of left ventricular mass using single-photon emission computed tomography, *Am J Cardiol*, 56 : 761-764, 1985.
- 8) 柿木滋夫 : 本態性高血圧症の重症度と左室心筋重量ならびに左室機能の検討. *北海道医学雑誌*, 63 : 448-457, 1988.
- 9) Reichek N, Helak J, Plappert T, Sutton MS, Weber KT : Anatomic validation of left ventricular mass estimates from clinical two-dimensional echocardiography : Initial results. *Circulation*, 67 : 348-352, 1983.
- 10) Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, et al. : Echocardiographic assessment of left ventricular

hypertrophy : Comparision to necropsy findings
Am J Cardiol, 57 : 450-458, 1986.

11) Feiring AJ, Rumberger JA, Reiter SJ, et al. :

Determination of left ventricular mass in dogs
with rapid-acquisition cardiac computed tomo-
graphic scanning. Circulation, 72 : 1355-1364 1985.

Calculation of Left Ventricular Mass by ECG-Gated MRI

Junichi SUZUKI¹, Hitoshi KOITO¹, Hisato NAKAMORI¹,
Toshiji IWASAKA¹, Mitsuo INADA¹, Tsutomu KATOH²,
Yosimasa TANAKA²

¹*Second Department of Internal Medicine Kansai Medical University
Fumizonochi 1, Moriguchi, Osaka 570*

²*Department of Radiology, Kansai Medical University*

To evaluate the validity of cardiac magnetic resonance imaging (MRI) to determine left ventricular myocardial mass (LV mass) in diagnosis of left ventricular hypertrophy, we performed electrocardiographically gated MRI and M-mode echocardiography in 14 normal volunteers without any abnormalities of physical findings, electrocardiograms or chest X-ray films. The LV masses measured by M-mode echo, Simpson method of MRI and Area-length method of MRI were 170 ± 34 gr (Mean \pm SD), 172 ± 41 gr and 180 ± 59 gr, respectively. There was a fairly good correlation between the LV masses by M-mode echo and Simpson method of MRI ($r=0.87$, $Y=1.05X-7$, $p<0.01$). The correlation coefficient, however, between the LV masses by M-mode echo and Area-length method of MRI was not so good even though it was significant ($r=0.70$, $Y=1.22X-27$, $p<0.05$). Poor correlation was seen between the LV masses by Simpson method of MRI and Area-length method of MRI ($r=0.61$, $Y=0.88X+29$, $p<0.05$). Intraobserver and interobserver reproducibilities of the LV masses by Simpson method of MRI are very good ($r=0.93$, $Y=0.95X-2$, $p<0.01$ and $r=0.93$, $Y=1.04X-7$, $p<0.01$, respectively). These results suggest that the LV mass by Simpson method of MRI is clinically useful for the quatitative evaluation of left ventricular hypertrophy.