

# RI 心プールシンチと右室 圧同時測定より求めた右室 圧・容積ループの臨床応用

# Clinical application of a right ventricular pres- sure-volume loop deter- mined by gated blood- pool imaging and simul- taneously measured right ventricular pressure

安江 隆夫  
渡辺佐知郎  
杉下 総吉  
田中 孜  
横山 秀夫\*  
森田 則彦\*  
石黒 源之\*  
高木 清\*  
後藤 明\*\*

Takao YASUE  
Sachiro WATANABE  
Nobuyoshi SUGISHITA  
Tsutomu TANAKA  
Hideo YOKOYAMA\*  
Norihiko MORITA\*  
Motoyuki ISHIGURO\*  
Kiyoshi TAKAGI\*  
Akira GOTOH\*\*

## Summary

The data obtained by ECG-gated radionuclide angiography were collected simultaneously with right ventricular pressure and thermal cardiac output (CO) obtained by a Swan-Ganz catheter in Scintipac 1200 (Shimazu Co) in order to create a right ventricular pressure-volume (RV P-V) loop. Subjects consisted of 15 patients with old myocardial infarction (MI group), seven with angina pectoris (AP group), six with congestive cardiomyopathy (CCM group) and five with neurocirculatory asthenia (NCA group). Right ventricular end-diastolic volume (RVEDV) was calculated as  $RVEDV = CO / (EF \times HR)$  (CO=cardiac output; HR=heart rate). Systolic work ( $W_s$ ), diastolic work ( $W_D$ ) and net work ( $W_N$ ) were calculated from a RV P-V loop by Simpson's method. The measurements were performed before and 5 min after sublingual administration of nitroglycerin (NG) (0.3 mg). The results were as follows:

1. RV P-V loops shifted towards the left lower part of the P-V plane after sublingual administration of nitroglycerin, indicating the reduction of pressure and volume of the right ventricle.
2. Right ventricular ejection fraction (RVEF) in the MI, AP and CCM groups showed smaller

県立岐阜病院 循環器科

\*同 第一内科

\*\*同 放射線科

岐阜市野一色 4-6-1 (〒500)

Department of Cardiology, \*the First Department of  
Internal Medicine and \*\*Department of Radiology,  
Prefectural Gifu Hospital, Noishiki 4-6-1, Gifu 500

Presented at the 25th Meeting of the Cardiography Society held in Tokushima October 9-11, 1982

Received for publication February 8, 1983

values than that of the NCA group. The CCM group presented a significantly smaller value than the NCA group ( $p < 0.005$ ). RVEF of each group increased after NG. In the AP and CCM groups, it increased significantly ( $p < 0.005$ ).

3. Right ventricular end-diastolic volume index (RVEDVI) showed a converse relation with RVEF. The MI and CCM groups demonstrated significantly higher values ( $p < 0.05$ ). After NG, RVEDVI of each group decreased significantly ( $p < 0.001$  in the MI and NCA groups, and  $p < 0.005$  in the AP and CCM groups).

4. Cardiac index in all groups decreased after NG and a statistical significance was seen in the MI, AP and NCA groups ( $p < 0.05$ ).

5. RV Ws, RV Wd and RV Wn showed no difference among each groups in the control state, and significantly decreased after NG. This was due to the reduction of RV pressure and volume. It was indicated that the principal cause was the systemic volume reduction.

We conclude that the present method using RV P-V loop might be useful as a noninvasive bedside monitoring and permits the evaluation of RV function in a clinical setting.

#### Key words

Pressure-volume loop      Gated blood pool imaging      Nitroglycerin      Systolic, diastolic and net work

## はじめに

心機能評価において、心内圧および容積変化の把握は最も基本的、かつ臨床上欠くことのできない検査であり、日常臨床にしばしば応用されている。圧および容積変化はそれぞれ単独でも十分有用な心機能指標となり得るが、圧、容積関係から求められる圧・容積曲線は、心血行動態指標と心力学的指標を同時に評価し得る点で有用なものである。

一般に用いられている心血管造影法はかなり侵襲的、かつ非生理的であって、しかもその容積の算出法には geometrical に問題がある。このことはことに右室容積測定において著明である。一方、RI を用いた心機能評価法は非侵襲的であり、より病態に即した状態で検査し得るという理由で、その利用頻度は急激に増加し、実際 ICU や CCU などの重症患者にも反復して利用できる利点を持っている。ことに右室容積測定には、この方法は contrast medium を用いる方法よりも優れていると思われる。しかしながら RI 法は、心機能指標として非常に重要な圧データを含んでいない。我々はこの圧と RI データを組み合わせ、右室圧・容積曲線 (RV P-V loop) を作成し、そ

の有用性を報告してきた<sup>1-5)</sup>。今回は各種心疾患において、nitroglycerin (NG) の心機能に及ぼす効果を評価する目的に本法を応用し、その有用性を認めたので報告する。

## 対象と方法

### 1. 対象

心血管造影検査を目的に入院した患者 33 名について検討した。その内訳は **Table 1** に示したごとくであり、陈旧性心筋梗塞 (MI) 群 15 例、狭心症 (AP) 群 7 例、うっ血型心筋症 (CCM) 群 6 例、明らかな器質的心疾患を指摘出来ない神経循環無力症 (NCA) 群 5 例である。これらの症例は治療により安定した状態にあり、検査時、胸痛や心不全のみられない症例ばかりである。右室圧・容積曲線作製と nitroglycerin 負荷は心血管造影検査施行の 30 分後に開始した。

### 2. 圧および心拍出量の測定

Swan-Ganz カテーテルを肺動脈と右心室に各 1 本挿入し、これにより圧と心拍出量(熱希釈法)とを測定した。圧 transducer は Statham P231D、心拍出量計は Edwards 9520A、記録には E for M 製 VR-12 を用いた。圧測定系の Swan-Ganz カテーテルの固有周波数は 6.68 Hz/sec, ダンピ

**Table 1. Classification of cases**

1. Old myocardial infarction (MI)	15
2. Angina pectoris (AP)	7
3. Congestive cardiomyopathy (CCM)	6
4. Neurocirculatory asthenia (NCA)	5

All cases were admitted for cardiac catheterization, and they had no symptoms after drug treatment.

ング係数は  $0.745 \pm 0.03$  である.

3. ゲート心プールイメージング

$^{99m}\text{Tc-HSA}$  20 mCi を静注し、平衡時相に達した後 Searl 製 Pho-Gamma IV Scinti-camera, 高分解能平行穴コリメーターを用い、左前斜位  $40 \sim 45^\circ$ 、かつ尾部側を体長軸に  $10 \sim 15^\circ$  挙上した modified LAO にて心プールイメージを撮像した。心電図信号は島津製 Cardiophax SCX-200 を介して得た。同時測定された右室圧、心電図、RI データは約 200 心拍につき list mode にて minicomputer system 島津製 Scintipac 1200 に

同時収録し、情報処理することにより右室圧・容積曲線を作製した。その実例を Fig. 1 に示す。

4. 心室絶対容積計算

熱希釈法により求めた心拍出量 (CO) と RI 法より求めた 駆出率 (EF) および心拍数 (HR) から、 $EDV = CO / (EF \times HR)$  式により 拡張終期容積 (EDV) を求めた。

5. 右心圧容積仕事量の測定

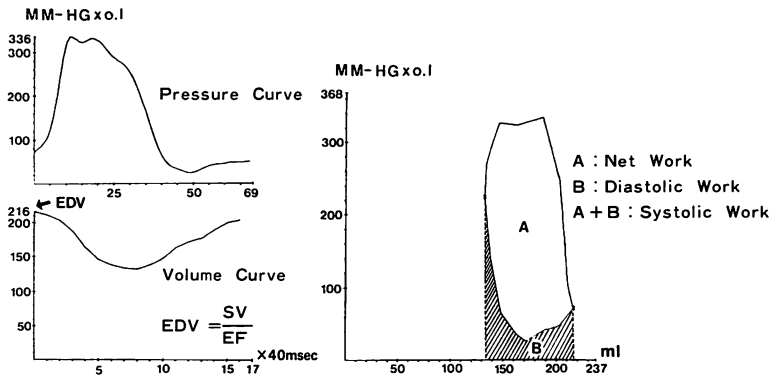
Fig. 1 に示すごとく、右室収縮期仕事量 ( $W_s$ )、右室拡張期仕事量 ( $W_D$ ) および 右室正味仕事量 (net work) ( $W_N$ ) の計算は、右室圧・容量曲線を積分することにより、Scintipac 1200 を用いて求めた。

6. 薬物負荷およびデータ収録時期

$^{99m}\text{Tc-HSA}$  静注 8 分後の平衡時相に達した時 control 情報を収録し、その直後 nitroglycerin 0.3 mg を舌下投与、約 5 分後に投与後の情報を収録した。

7. 統計処理

Nitroglycerin 投与前後の比較は paired t test



60 Y. O. MAN Acute Myocardial Infarction

**Fig. 1. A typical example drawing a right ventricular pressure-volume loop.**

Right ventricular (RV) pressure curve (left upper) and RV volume curve (left lower) are obtained simultaneously from a floating Swan-Ganz catheter and ECG gated cardiac blood pool scintigraphy, respectively. A RV pressure-volume loop (right panel) is then constructed by combining these two curves as shown on the right (RV P-V loop). The area surrounded by the loop is the RV net work which is calculated by the subtraction of the diastolic work from the systolic work.

EDV=absolute RV end-diastolic volume in ml; EF=ejection fraction; SV=stroke volume calculated from thermal cardiac output divided by heart rate.

Table 2. Hemodynamic parameters before and after sublingual nitroglycerin

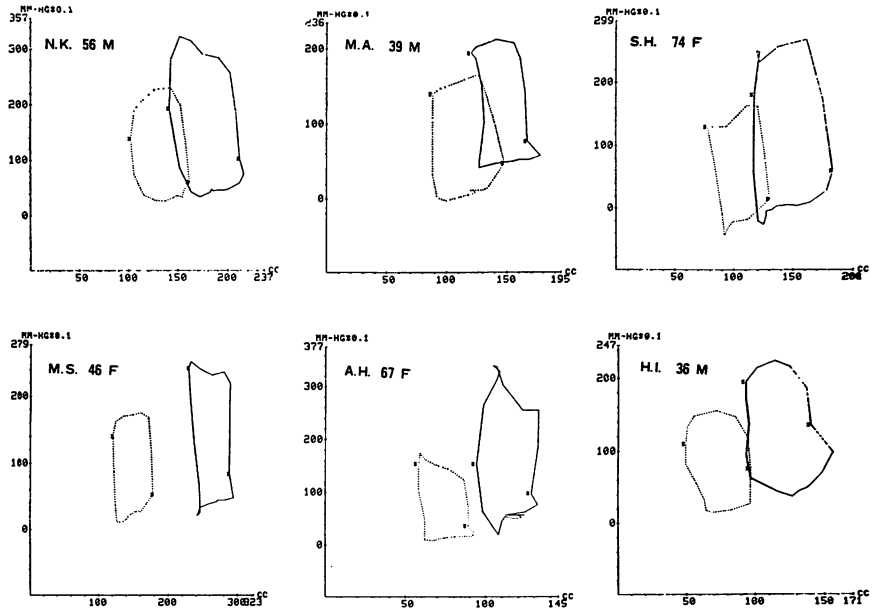
Group (N)	RVEF %	RVEDVI ml/M <sup>2</sup>	CI l/min/M <sup>2</sup>	LVEF %	LVEDVI ml/M <sup>2</sup>	RVW <sub>s</sub> g·M/M <sup>2</sup>	RVW <sub>D</sub> g·M/M <sup>2</sup>	RVW <sub>N</sub> g·M/M <sup>2</sup>
C	39.5±8.7	113.9±28.6	3.17±0.48	46.1±12.5	99.8±26.8	12.7±5.2	4.1±2.5	8.6±3.7
MI (15)	42.7±9.5	91.7±21.5	3.00±0.39	48.6±12.1	81.7±22.3	8.3±3.3	2.2±1.8	6.1±3.0
P	NS	0.001	0.05	NS	0.005	0.001	0.005	0.001
Δ%	9.5±21.8	-18.4±13.0	-4.7±8.5	7.1±15.5	-16.7±16.2	-33.1±12.7	-50.5±32.1	-27.5±19.9
C	40.1±8.5	120.9±31.0	2.95±0.25	57.5±11.7	85.7±30.8	13.5±4.3	3.6±1.3	9.9±3.6
AP (7)	47.5±11.7	83.3±21.5	2.77±0.30	59.2±8.2	65.6±16.8	8.2±1.5	2.4±0.7	5.8±1.1
P	0.005	0.005	0.05	NS	0.05	0.05	NS	0.05
Δ%	18.1±7.8	-30.5±8.5	-6.3±5.2	4.5±10.1	-20.8±14.2	-34.9±18.9	-22.9±42.3	-37.2±21.0
C	32.4±6.5	142.5±30.2	3.12±0.71	43.5±10.2	106.7±19.9	13.3±2.7	3.3±1.6	9.9±2.8
CCM (6)	39.3±5.5	100.9±19.2	3.02±0.68	45.0±15.0	92.1±36.3	7.4±1.9	1.2±0.6	6.1±1.6
P	0.005	0.005	NS	NS	NS	0.005	0.05	0.05
Δ%	23.6±14.7	-28.5±10.4	-2.9±5.8	2.7±20.1	-16.2±19.1	-43.0±15.0	-52.9±29.5	-34.4±22.4
C	44.2±3.3	107.3±18.1	3.26±0.25	54.8±7.4	86.4±9.4	11.8±0.8	2.8±1.7	9.0±2.2
NCA (5)	49.4±8.7	65.6±15.7	2.59±0.28	57.6±8.3	56.4±15.1	5.3±1.4	0.9±0.9	4.3±1.3
P	NS	0.001	0.05	NS	0.001	0.001	0.01	0.05
Δ%	11.4±14.6	-39.1±6.6	-20.3±11.3	5.4±7.8	-35.5±11.2	-55.4±12.6	-71.3±19.4	-49.1±20.7

All values represent mean±one standard deviation.

MI=myocardial infarction; AP=angina pectoris; CCM=congestive cardiomyopathy; NCA=neurocirculatory asthenia; N=number of cases; C=control state; NG=after administration of sublingual nitroglycerin (0.3 mg); Δ%=percent change after NG; NS=not significant; RV=right ventricular; LV=left ventricular; EF=ejection fraction; EDVI=end-diastolic volume index; C.I.=cardiac index; W<sub>S</sub>=systolic work; W<sub>D</sub>=diastolic work; W<sub>N</sub>=net work.

The p values represent the difference between C and NG (paired t-test).

CCM



NCA

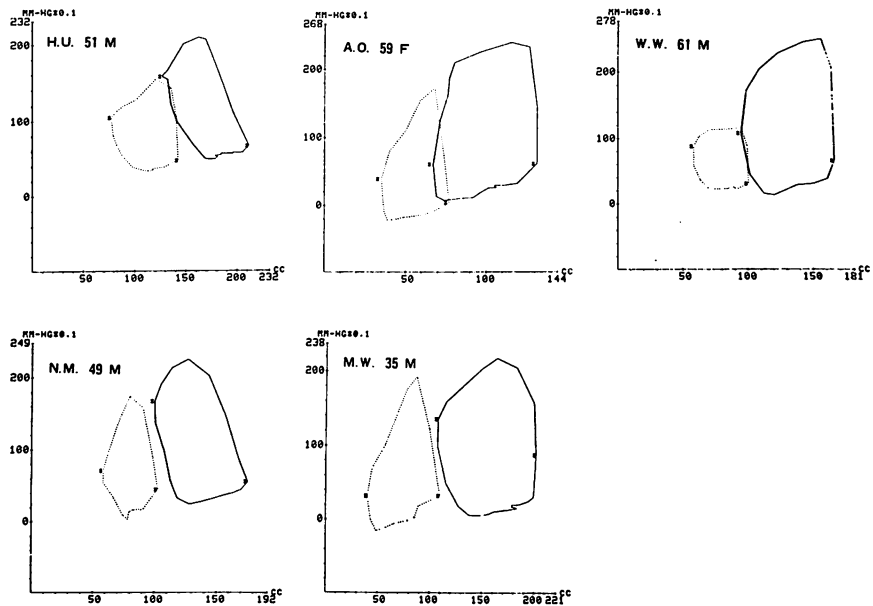


Fig. 2. Effect of nitroglycerin on right ventricular pressure-volume (RV P-V) loops.

RV P-V loops of the groups of cardiomyopathy (CCM) and neurocirculatory asthenia (NCA) are demonstrated. All RV P-V loops are shifted towards the left lower part after NTG. Solid lines indicate control state and dotted lines does after administration of nitroglycerin.

により, 群間比較は t test により行った. 有意差は危険率 5% の水準で判定した.

成 績

各群別に求めた心機能指標, すなわち心係数 (CI), 右室駆出率 (RVEF), 右室拡張終期容積係数 (RVEDVI), 右室  $W_s$ ,  $W_D$ ,  $W_N$  の結果は Table 2 に一括したごとくである. 左室駆出率 (LVEF) および左室拡張終期容積 (LVEDVI) は本論文の主題ではないが, これらの左室機能は心機能を考える上で重要であるので, 併記して検討を加えた.

1. Nitroglycerin 投与による右室圧・容量曲線の変化

CCM 群と NCA 群を代表例として Fig. 2 に示した. 座標のスケールが各症例により異なっているため一様な比較はできないが, たとえば左上の loop は CCM 群の 1 例であり, 右室拡張終期容量 (RVEDV) は 210.6 ml から 177.8 ml, RV 圧は 32 mmHg から 23 mmHg へと低下し, 右室正味仕事量 ( $W_N$ ) は  $12.6 \text{ g}\cdot\text{M}/\text{M}^2$  より  $8.2 \text{ g}\cdot\text{M}/\text{M}^2$  へと低下した. この傾向は全例に認められ, nitroglycerin により loop は左下方へ移動し, 圧の減少とともに, より著明な容積の減少がうかがわれ, 仕事量の減少が graphic に視覚化されてとらえられた.

2. 右室駆出率 (RVEF) について

各群の nitroglycerin 投与前後の変化を Fig. 3 に示した. Control 値は MI 群, AP 群, CCM 群および NCA 群 (以下同じ順序に記載する) の順にそれぞれ  $39.5 \pm 8.7$ ,  $40.1 \pm 8.5$ ,  $32.4 \pm 6.5$  および  $44.2 \pm 3.3\%$  ( $M \pm SD$ ) であった. NCA 群に比し他の群はより小さな値をとり, CCM 群は有意に低値 ( $p < 0.005$ ) を示した. Nitroglycerin 投与により各群とも駆出率は増加し, それぞれ  $42.7 \pm 9.5$ ,  $47.5 \pm 11.7$ ,  $39.3 \pm 5.5$  および  $49.4 \pm 8.7\%$  となり, AP 群と CCM 群は統計的に有意 ( $p < 0.005$ ) な増加を示した. 平均増加率は Table 2 および Fig. 3 に示したごとく, それぞれ 9.5,

18.1, 23.6 および 11.4% であった.

3. 右室拡張終期容積係数 (RVEDVI) について

右室拡張終期容積係数は右室駆出率と逆の変化を示した (Fig. 4). 各群の control 値はそれぞれ  $113.9 \pm 28.6$ ,  $120.9 \pm 31.0$ ,  $142.5 \pm 30.2$  および  $107.3 \pm 18.1 \text{ ml}/\text{M}^2$  であり, MI 群および CCM 群は NCA 群に比しともに有意な高値を示した

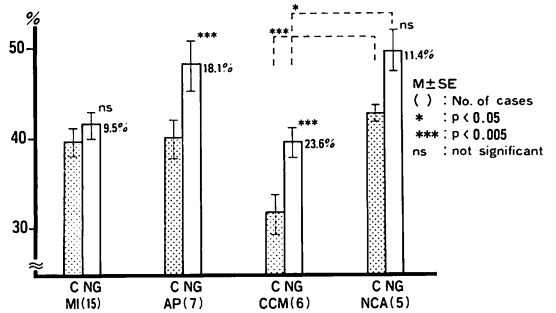


Fig. 3. Effect of nitroglycerin on right ventricular ejection fraction.

The values shown on the top of the bars in each group indicate percent changes of ejection fraction after administration of nitroglycerin.

C=control state; NG=after administration of nitroglycerin (0.3 mg); MI=myocardial infarction; AP=angina pectoris; CCM=congestive cardiomyopathy; NCA=neurocirculatory asthenia;  $M \pm SE$ =mean  $\pm$  one standard error.

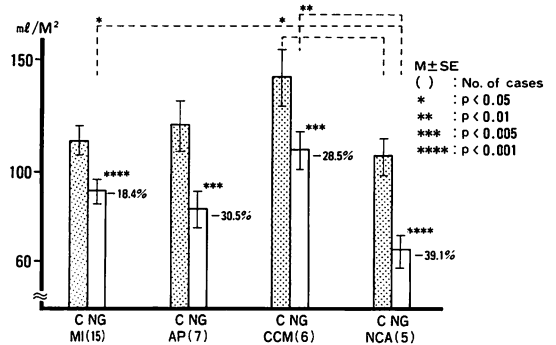


Fig. 4. Effect of nitroglycerin on right ventricular end-diastolic volume index.

Symbols and abbreviations as in Fig. 3.

( $p < 0.05$ ). Nitroglycerin 投与によりそれぞれ  $91.7 \pm 21.5$ ,  $83.3 \pm 21.5$ ,  $100.9 \pm 19.2$  および  $65.6 \pm 15.7 \text{ ml/M}^2$  と有意に低下し ( $p < 0.005 \sim 0.001$ ), その平均低下率は著明で, それぞれ  $-18.4$ ,  $-30.5$ ,  $-28.5$  および  $-39.1\%$  であった.

#### 4. 心係数 (CI) について

Fig. 5 に nitroglycerin 投与前後における CI を示した. 各群の control 値はそれぞれ  $3.17 \pm 0.48$ ,  $2.95 \pm 0.25$ ,  $3.12 \pm 0.71$  および  $3.26 \pm 0.25 \text{ l/min/M}^2$  であり, 各群間に統計的有意差は認められなかった. Nitroglycerin 投与後の CI はそれぞれ  $3.00 \pm 0.39$ ,  $2.77 \pm 0.30$ ,  $3.02 \pm 0.68$  および  $2.59 \pm 0.28 \text{ l/min/M}^2$  で, CCM 群を除くと,  $p < 0.05$  で有意に低下した. 平均低下率はそれぞれ  $-4.7$ ,  $-6.3$ ,  $-2.9$  および  $-20.3\%$  であった.

#### 5. 左室駆出率 (LVEF) について

Fig. 6 に示すごとく, 各群の control 値はそれぞれ  $46.1 \pm 12.5$ ,  $57.5 \pm 11.7$ ,  $43.5 \pm 10.2$  および  $54.8 \pm 7.4\%$  であり, nitroglycerin 投与後はそれぞれ  $48.6 \pm 12.1$ ,  $59.2 \pm 8.2$ ,  $45.0 \pm 15.0$  および  $57.6 \pm 8.3\%$  と増加傾向を示したが, 統計的に有意な変化は見られなかった. その平均増加率はそれぞれ  $7.1$ ,  $4.5$ ,  $2.7$  および  $5.4\%$  であった.

#### 6. 左室拡張終期容量係数 (LVEDVI) について

Fig. 7 に示すごとく, 各群の control 値はそれぞれ  $99.8 \pm 26.8$ ,  $85.7 \pm 30.8$ ,  $106.7 \pm 19.9$  および  $86.4 \pm 9.4 \text{ ml/M}^2$  であり, 各群間に統計的有意差をみなかった. Nitroglycerin 投与後はそれぞれ  $81.7 \pm 22.3$ ,  $65.6 \pm 16.8$ ,  $92.1 \pm 36.3$  および  $56.4 \pm 15.1 \text{ ml/M}^2$  で, MI 群 ( $p < 0.005$ ) AP 群 ( $p < 0.05$ ) および NCA 群 ( $p < 0.001$ ) では有意な低下を認めたが, CCM 群では有意差は見られなかった. 各群の平均低下率はそれぞれ  $-16.7$ ,  $-20.8$ ,  $-16.2$  および  $-35.5\%$  であった.

#### 7. 右室収縮期仕事量 (RVW<sub>s</sub>) について (Fig. 8)

Control 値には各群間に差はなく, それぞれ  $12.7 \pm 5.2$ ,  $13.5 \pm 4.3$ ,  $13.3 \pm 2.7$  および  $11.8 \pm 0.8 \text{ g} \cdot \text{M/M}^2$  であった. Nitroglycerin 投与によりそれぞれ  $8.3 \pm 3.3$  ( $p < 0.001$ ),  $8.2 \pm 1.5$  ( $p < 0.05$ ),

$7.4 \pm 1.9$  ( $p < 0.005$ ) および  $5.3 \pm 1.4$  ( $p < 0.001$ )  $\text{g} \cdot \text{M/M}^2$  と著明に低下し, それらの平均低下率はそれぞれ  $-33.1$ ,  $-34.9$ ,  $-43.0$  および  $-55.4\%$  と著明であった.

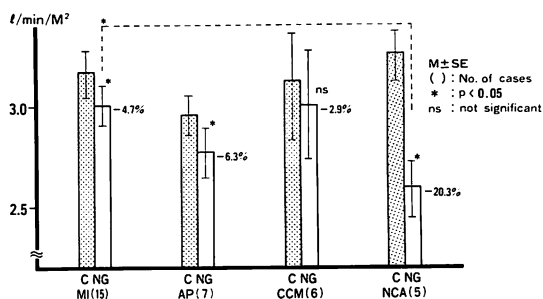


Fig. 5. Effect of nitroglycerin on cardiac index. Symbols and abbreviations as in Fig. 3.

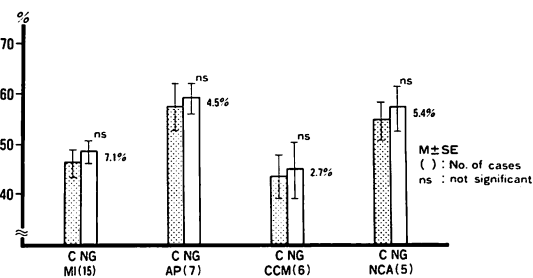


Fig. 6. Effect of nitroglycerin on left ventricular ejection fraction. Symbols and abbreviations as in Fig. 3.

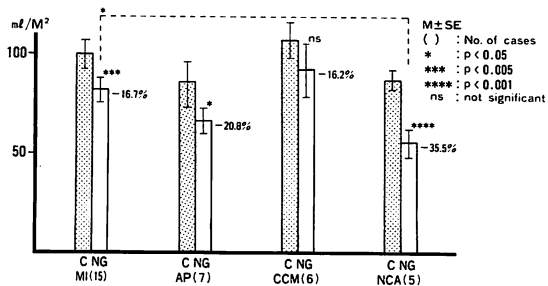
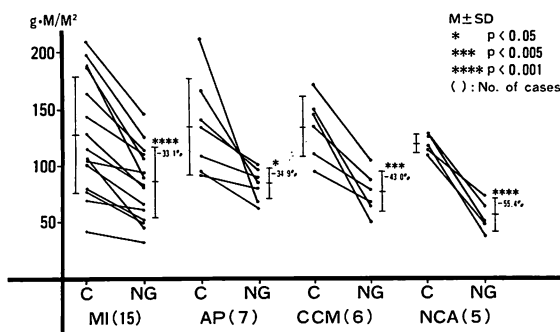
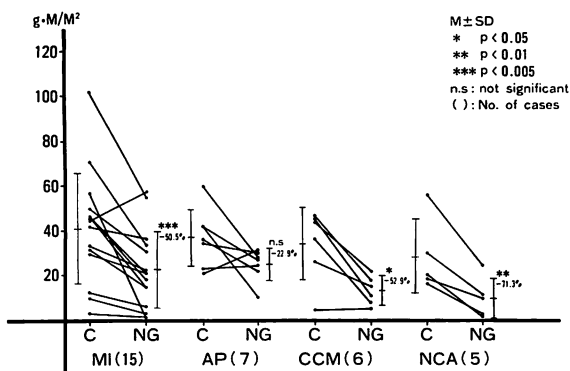


Fig. 7. Effect of nitroglycerin on left ventricular end-diastolic volume index. Symbols and abbreviations as in Fig. 3.



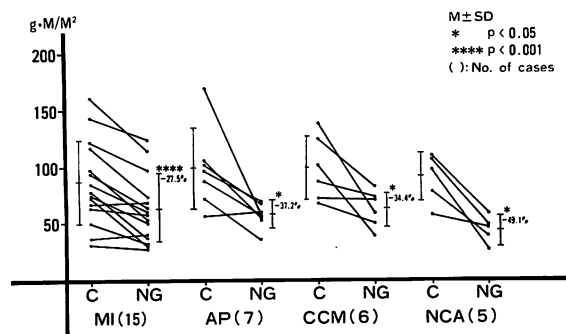
**Fig. 8. Effect of nitroglycerin on right ventricular systolic work.**

Symbols and abbreviations as in Fig. 3.



**Fig. 9. Effect of nitroglycerin on right ventricular diastolic work.**

Symbols and abbreviations as in Fig. 3.



**Fig. 10. Effect of nitroglycerin on right ventricular net work.**

Symbols and abbreviation as in Fig. 3.

**8. 右室拡張期仕事量 (RVW<sub>D</sub>) について (Fig. 9)**

Control 値はそれぞれ  $4.1 \pm 2.5$ ,  $3.6 \pm 1.3$ ,  $3.3 \pm 1.6$  および  $2.8 \pm 1.7$   $g \cdot M/M^2$  で, NCA 群に比し, その他の群では大なる値を示す傾向が見られた. Nitroglycerin 投与により, これらはそれぞれ  $2.2 \pm 1.8$ ,  $2.4 \pm 0.7$ ,  $1.2 \pm 0.6$  および  $0.9 \pm 0.9$   $g \cdot M/M^2$  へと低下し, MI 群 ( $p < 0.005$ ), CCM 群 ( $p < 0.05$ ) および NCA 群 ( $p < 0.01$ ) に有意差を認めた. それらの平均低下率はそれぞれ  $-50.5$ ,  $-22.9$ ,  $-52.9$  および  $-71.3\%$  であった.

**9. 右室正味仕事量 (RVW<sub>N</sub>) について (Fig. 10)**

各群の control 値はそれぞれ  $8.6 \pm 3.7$ ,  $9.9 \pm 3.6$ ,  $9.9 \pm 2.8$  および  $9.0 \pm 2.2$   $g \cdot M/M^2$  と各群間にはほとんど差を見なかった. Nitroglycerin 投与によりそれぞれ  $6.1 \pm 3.0$  ( $p < 0.001$ ),  $5.8 \pm 1.1$  ( $p < 0.05$ ),  $6.1 \pm 1.6$  ( $p < 0.05$ ) および  $4.3 \pm 1.3$   $g \cdot M/M^2$  ( $p < 0.05$ ) へと有意に低下した. それらの平均低下率はそれぞれ  $-27.5$ ,  $-37.2$ ,  $-34.4$  および  $-49.1\%$  であった.

**考 按**

核医学的方法による心機能評価は, 非侵襲的であり, 病態の変化や負荷試験による変化を, 侵襲による修飾を加えることなしに測定できるため, 最近増々繁用されている. しかしながらこれらの指標の中には, 心機能の指標として重要な圧データが含まれていない. それゆえ RI データと圧データの組み合わせは, 心臓核医学において1つの新しい研究方向を示すものと考えられる.

RI データと圧データおよび熱希釈法による心拍出量より右室の絶対容量を求め, RI データと圧データを組み合わせ, 右室圧・容量曲線 (RV P-V loop) を画いて, これを心機能評価に応用した仕事は我々のものが初めてである<sup>1)</sup>.

本研究において Swan-Ganz カテーテルを用いた点は侵襲的であるが, しかし心血管造影術直後であるため, 全例に Swan-Ganz カテーテルを挿入したことは, それ自体は RI 法検査のために新たな侵襲となっていない. またすでに我々が報



告したように<sup>3-6)</sup>、重症心疾患患者の心機能評価法として心臓核医学は将来増々応用されると思われるが、ICU, CCU, HCU 等の患者はほとんど Swan-Ganz カテーテルをベツトサイドで挿入されているから、それを利用することは新たな侵襲にはならず、両者の組み合わせによる多くの指標を臨床応用することのほうがむしろ有用であろう。また心血管造影不能な患者に気楽に実施できることや、薬物評価のために何回でも繰り返し検査することもできるなど、我々の方法はいくつかの利点を持っている。

右室容積の計測には二室法<sup>7,8)</sup>などが試みられているが、geometrical に計算困難な問題点を含んでおり、RI 法による方法の方が優れている<sup>9)</sup>。

Nitroglycerin 投与による右室圧・容量曲線 (RV P-V loop) の変化は、loop の変化を観察することにより、圧の低下、容積の低下および loop の囲む面積の大きさにより、一心周期の各心仕事量が graphic に、すなわち視覚的にとらえられ有用である。また loop の移動により各 loop の収縮末期点を結ぶことにより得られる直線の勾配、すなわち Suga ら<sup>10)</sup>のいう  $E_{max}$  測定への応用、収縮末期圧を収縮末期容積で除した pressure/volume index への応用<sup>11)</sup>、 $dV/dP$  によるコンプライアンスへの応用など、多くの心機能指標が得られる可能性を含んでいる。

右室駆出率についてみると、control 時に CCM 群が有意に低値を示していることは、疾患状態のよい反映である。Nitroglycerin 投与により各群とも駆出率は増加するが、MI 群で有意差がみられなかったのは、心筋梗塞により線維化に陥った瘢痕部が駆出率指標を増加させない因子となっていたためかも知れない。

右室拡張終期容量係数は駆出率と逆の変化を示し、本係数の大きな心では駆出率が低下するという一般的傾向がよく反映されている。本係数が CCM 群で有意に大きいことは、CCM という疾患状態をよく示しているものと考えられる。Nitroglycerin 投与により本係数が著明に有意に低

下することは、従来いわれているごとく、本剤の容量血管拡張作用に基づくものと思われる。

心係数は各群において nitroglycerin により低下した。本剤の心機能に与える影響についてはいくつかの報告があるが、Lee ら<sup>12)</sup>は本剤により心拍出量は 27% 減少したとっており、その他にも、本剤は心機能を増すものではないとする報告が多い<sup>13-15)</sup>。本研究においては、対象が control された非発作時の症例であり、心係数の低下はおもに本剤の容量血管拡張作用による前負荷の減少によっていると思われる<sup>16)</sup>。

左室駆出率は本駆出率と同じような傾向の値をとり、CCM 群と MI 群では小さな値を示しているが、nitroglycerin 投与により増加傾向を示すも、右室にみたような有意な増加は認められていない。左室拡張終期容量係数は低下しているが低下率は右室のそれほどには著明ではない。すなわち右室では本剤により著明な容量の減少をきたすが、左室では右室ほどではなく、その反映として左室駆出率も有意には増加しなかったものと考えられる。

右室の仕事量に関する報告はほとんどみられない。もちろん RI 法と組み合わせて臨床応用したのは我々が初めてである。心仕事量は左室における Frank-Starling の曲線<sup>17)</sup>にみられるように、前負荷の指標に対して、その従属変数として用いられており、心機能にとって重要な基本的指標と考えられている。当然右室においてもこの関係は存在するのであるが、その臨床的意義および疾患特異性については報告されていない。これはおもに心機能評価が左心系に注目されていることと、右心系の容積測定が geometrical に困難なためである。

今回の研究では control 時の右室収縮期仕事量は疾患群によって差をみることはできなかったが、nitroglycerin 投与により著明に低下したことは圧と容積低下の反映であり、これもまた疾患群による特徴はないようである。右室拡張期仕事量は、統計的有意差は認められていないが、con-

trol 時では NCA 群より他群のほうが大きい傾向にあり, 後者は拡張期には NCA 群より大きな仕事をしている傾向にあると思われる. Nitroglycerin 投与により拡張期仕事量が著明に低下する中で, AP 群のみが有意差を認めなかったが, これはこの群の中に逆に仕事量が増加する例が含まれていたためである. 右室正味仕事量が control 時に各群間に差を認めなかったことは, 今回扱った症例のように, 非発作時の安定した状態では一回仕事量はほぼ同じようであることを示すもので, むしろ拡張期仕事量のほうが意味を持っているように思われる.

以上に述べた数値の変化は, nitroglycerin 投与前後の右室圧・容量曲線の移動と面積の変化からも graphic に理解できるように, 圧と容積の低下をよく表現しているものであり, この loop は右室機能の評価法として, 視覚的に表現できるばかりでなく, 血行動態的指標および力学的指標を介して臨床に応用できる可能性を示している.

## 結 語

陳旧性心筋梗塞 (MI) 群 15 例, 非発作時の狭心症 (AP) 群 7 例, うっ血型心筋症 (CCM) 群 6 例, 神経循環無力症 (NCA) 群 5 例において, 心電図同期心プールシンチグラフィから求めた RI データと, Swan-Ganz カテーテル法から同時に求めた右室圧データおよび心拍出量を, 島津製 Scintipac 1200 にて情報処理することにより, 右室圧・容積曲線 (RV P-V loop) を作成し, 右室機能評価に応用した. 右室拡張末期容積 (RVEDV) は心拍出量 (CO), 駆出率 (EF) と心拍数 (HR) とから  $RVEDV = CO / (EF \times HR)$  として求めた. 右室圧・容量曲線から右室の収縮期仕事 ( $W_s$ ), 拡張期仕事 ( $W_D$ ) および正味仕事量 ( $W_N$ ) を求め, 臨床に応用した. 薬物負荷として nitroglycerin 0.3 mg を舌下投与し, 投与前および投与約 5 分後のデータを比較した. 結論は次のごとくである.

1) Nitroglycerin 投与により loop は左下方

に移動し, 圧と容積の減少を graphic にとらえ得た.

2) 右室駆出率は各群とも NCA 群より低値を示し, CCM 群では有意に低下した ( $p < 0.005$ ).

またこの駆出率は nitroglycerin により各群とも増加したが, AP 群と CCM 群における増加は有意であった ( $p < 0.005$ ).

3) 右室拡張末期容積係数は右室駆出率と逆の関係を示し, MI 群と CCM 群は有意に高値を示し ( $p < 0.05$ ), nitroglycerin 投与により各群とも著明に低下した (MI 群と NCA 群;  $p < 0.001$ , AP 群と CCM 群;  $p < 0.005$ ).

4) 心係数は nitroglycerin 投与により低下し, MI 群, AP 群および NCA 群には有意差がみられた ( $p < 0.05$ ).

5) 右室の各仕事量には, 各群とも統計的有意差はみられなかった. Nitroglycerin 投与により 3 種の仕事量は一般に低下し, 右室圧と容積の低下を反映していた. これは主として容積負荷の減少によるものと考えられた.

6) 本法は心血管造影不能患者, 重症患者におけるベットサイド検査への応用や, 薬物評価への応用などの利点を有し, 右心機能評価法として有用である.

7) 右室圧・容量曲線は圧と容積が関与する心の血行動態的, 心力学的指標のいくつかを含んでおり, 圧と容積の組み合わせは心臓核医学において 1 つの新しい方向を示すものと思われる.

## 文 献

- 1) 渡辺佐知郎, 安江隆夫, 茜部 寛, 石黒源之, 森甫, 奥 孝行, 八木安生, 大島貞男, 細羽 実, 宮本純一, 若林重興: 平衡時相 RI 心血管造影法と同時右室圧測定から求めた右室圧-容積ループ. *Jpn J Nucl Med* 18: 75, 1981
- 2) 渡辺佐知郎, 安江隆夫, 八木安生, 石黒源之, 茜部寛, 大島貞男, 大前真由美, 森 甫: Multi-gated RI angiography による右室機能分析 (右室圧-容積関係) の試み. *Jpn Circul J* 46: Sppl I, 104, 1982
- 3) Yasue T, Watanabe S, Yokoyama H, Oda H, Akanabe H: A clinical application of right ventricular pressure-volume loop using equilibrium

- radionuclide angiography and simultaneously acquired right ventricular pressure data—The evaluation of vasodilative effects in acute heart failure—. *Jpn J Med* **20**: 313, 1981
- 4) Watanabe S, Yasue T, Akanabe H, Ishiguro M, Mori H, Yokoyama H, Oda H: RV evaluation by pressure-volume loop from RI angiography and simultaneously acquired RV pressure data. *Jpn Circ J* **45**: 984, 1981
  - 5) Yasue T, Sugishita N, Akanabe H, Tanaka T, Yokoyama H: The effect of vasodilators on right and left ventricular function: Evaluation by ECG-gated radionuclide angiography. *Jpn J Med* **21**: 367, 1982
  - 6) 安江隆夫: うっ血性心不全および虚血性心疾患における薬物効果について—平衡時相 RI angiography と同時圧測定により求めた pressure-volume loop による判定—. *ニュータウンカンファレンス心臓核医学* **4**: 120, 1981
  - 7) Graham TP, Jarmakani JM, Atwood GF, Canent RV: Right ventricular volume determinations in children. Normal values and observations with volume or pressure overload. *Circulation* **47**: 144, 1973
  - 8) Gentzler RD, Briselli MF, Gault JH: Angiographic estimation of right ventricular volume in man. *Circulation* **50**: 324, 1974
  - 9) Dehmer GJ, Firth BG, Hillis LD, Nicod P, Willerson JT, Lewis SE: Nongeometric determination of right ventricular volumes from equilibrium blood pool scans. *Am J Cardiol* **49**: 78, 1982
  - 10) Suga H, Sagawa K, Shoukas AA: Load independence of the instantaneous pressure-volume ratio of the canine left ventricle and effects of epinephrine and heart rate on the ratio. *Circulat Res* **32**: 314, 1973
  - 11) Dehmer GJ, Lewis SE, Hillis LD, Corbett J, Parkey RW, Willerson JT: Exercise-induced alterations in left ventricular volumes and the pressure-volume relationship: A sensitive indicator of left ventricular dysfunction in patients with coronary artery disease. *Circulation* **63**: 1008, 1981
  - 12) Lee SJK, Sung YK, Zaragoza AJ: Effects of nitroglycerin on left ventricular volumes and wall tension in patients with ischemic heart disease. *Br Heart J* **32**: 790, 1970
  - 13) Williams DO, Amsterdam EA, Mason DT: Hemodynamic effects of nitroglycerin in acute myocardial infarction. *Circulation* **51**: 421, 1975
  - 14) Hood WP, Amende I, Simon R, Lichtlen PR: The effects of intracoronary nitroglycerin on left ventricular systolic and diastolic function in man. *Circulation* **61**: 1098, 1980
  - 15) Schwarz FS, Ensslen R, Thormann J, Schlepper M: Abolished compensation of cardiac performance after nitroglycerin in patients with ventricular asynergy. *Am Heart J* **207**: 372, 1978
  - 16) Ogilvie RI: Effect of nitroglycerin on peripheral blood flow distribution and venous return. *J Pharmac Exp Ther* **207**: 372, 1978
  - 17) Mason DT, Zelis R, Amsterdam EA, Massumi RA: Clinical determination of left ventricular contractility by hemodynamics and myocardial mechanics. *Progress in Cardiology* 1 (Yu P, and Goodwin J, ed). Lea & Febiger, Philadelphia, 1972, p 121