

## 《原 著》

## 左室拡張期指標に及ぼす心拍数の影響

木村 元政\*      山岸 広明\*      清野 泰之\*      小田野幾雄\*  
 酒井 邦夫\*      山本 朋彦\*\*      津田 隆志\*\*

**要旨** 左室拡張期指標に及ぼす心拍数の影響を検討するために、ペースメーカ植込み患者 6 例を対象に、心拍数を 50/分 から 120/分 まで 10 ずつ増加させて心電図同期心プールシンチグラフィを施行した。拡張期指標としては  $1/3FF \cdot PFR \cdot 1/3FR\text{-mean} \cdot \%EFV$  について検討したが、心拍数増加に伴い  $1/3FF$  は著しく減少し、 $PFR$  は 50/分 から 80/分 心拍ではあまり変化しなかったが、90/分 心拍以上では著しく増加した。 $1/3FR\text{-mean} \cdot \%EFV$  は著明な変化を示さなかったが、心拍数増加に伴いおのおの減少傾向および増加傾向を示し、特に  $\%EFV$  については症例間にバラツキが認められた。以上の結果より安静時 50/分 から 80/分 の心拍数での拡張期指標としては  $PFR \cdot 1/3FR\text{-mean}$  が適当と考えられた。

## I. はじめに

心電図同期心プールシンチグラフィを用いた左室拡張期指標の有用性についての報告は虚血心・肥大心において多く報告されている。また拡張期指標としては、Bonow ら<sup>1)</sup> が peak filling rate ( $PFR$ ), Reduto ら<sup>2)</sup> が filling fraction during first third of diastole ( $1/3FF$ ), 成田ら<sup>3)</sup> が mean first third of diastole ( $1/3FR\text{-mean}$ ), 池園ら<sup>4)</sup> が early filling volume ratio ( $\%EFV$ ) などを提唱し、その有用性についてもそれぞれ報告されている<sup>5-10)</sup>。しかし上記の各指標は、左室駆出率や心拍数によって影響を受けることが懸念されている。今回著者らは各指標に及ぼす心拍数の影響をペースメーカ植込み患者において心拍数を変化させることにより検討した。同時に、拡張末期容積( $EDV$ )・一回拍出量( $SV$ )・心拍数( $HR$ )を任意に設定できる心臓動態ファントムを用いても検討したので報告する。

## II. 対象と方法

対象は、洞不全症候群 ( $SSS$ ) で  $AAI$  ペースメーカが植込まれている症例のうち安静時左室駆出率が正常範囲に保たれている 6 例で、男性 1 名、女性 5 名、平均年齢は 61 歳 (50-76 歳) である。心拍同期心プールシンチグラフィは、 $^{99m}Tc$  in vivo 赤血球標識法を用い、ピロリン酸 10mg 静注 30 分後に  $^{99m}Tc$  パーテクネチートを 30 mCi 静注し平衡に達する 10 分後より開始した。データ収集は、左右両心室が最もよく分離できる左前斜位でフレームモード ( $64 \times 64$  マトリックス) にて行い、 $R-R$  間隔は心拍数の変化に伴い 20-24 分割した。心拍数は、レート変換器で 50/分から 120/分まで 10 ずつ増加して行き、レート変換後 2 分後から 3 分間おのおののデータを採取した。得られたデータよりフェイズイメージを参考にして左室拡張末期像に関心領域を設定し、固定 ROI 法にて左室容量曲線を求めた。左室容量曲線の解析には、 $R-R$  間隔のフレーム数が少ないことからフーリエ近似は 4 次を用い、拡張期指標としては拡張期最大充填速度 peak filling rate ( $PFR$ ), 拡張早期 1/3 における左室充填率 filling fraction during first third of diastole ( $1/3FF$ ), 拡張早期 1/3 における平均充填速度 mean first third filling rate ( $1/3FR\text{-mean}$ ), 収

\* 新潟大学医学部放射線科

\*\* 同 第一内科

受付: 62 年 7 月 20 日

最終稿受付: 62 年 10 月 12 日

別刷請求先: 新潟市旭町通一番町 (☎ 951)

新潟大学医学部放射線科

木村 元 政

縮末期より 100 msec 後の容量増加量と拡張末期容量との比で表わす拡張初期流入率 early filling volume ratio (%EFV) をそれぞれ拡張末期カウント (EDV)・一回拍出カウント (SV) で normalize して求めた (Fig. 1).

心臓動態ファントムは、安西総業社製 Cardiac II を用い  $^{99m}\text{Tc}$  パーテクネチート 40 mCi をバッファータンクに注入し拡張末期容積・一回拍出量・駆出分画・心拍数を適宜変えておのこのフレームモードにて 5 分間データ採取を行った<sup>11)</sup>。容積曲線の解析には、前処理としてバターワースフィルタを用い、自動輪郭抽出プログラムによる固定 ROI 法より同様に拡張期指標を求めた<sup>12)</sup>。使用した装置は、Siemens 社製ロータリーカメラ ZLC75 で、データ処理には島津社製シンチパック 2400 を用いた。

### III. 結 果

#### 1. ペースメーカ症例での検討

ペースメーカ症例の 1 例を示す (Fig. 2)。心拍数増加に伴い 1/3FF は著しく減少し、PFR は 50/分から 80/分心拍ではあまり変化しないが、90/分以上では著しく増加した。1/3FR-mean は減少傾向を示し、%FEV は増加傾向を示した。EDV・SV とも減少することから normalize による差は認められなかった (Fig. 3)。

ペースメーカ 6 症例をまとめると、同様に心拍数増加とともに 1/3FF は減少し、PFR は 50/分から 80/分心拍まではほぼ一定で、90/分心拍以上では著しく増加した。1/3FR-mean は減少傾向を示し、%EFV は増加傾向を示したが、1/3FF や PFR は心拍数による影響を受けなかった。しかし %EFV は他指標に比し症例間のバラツキが大であった (Fig. 4)。

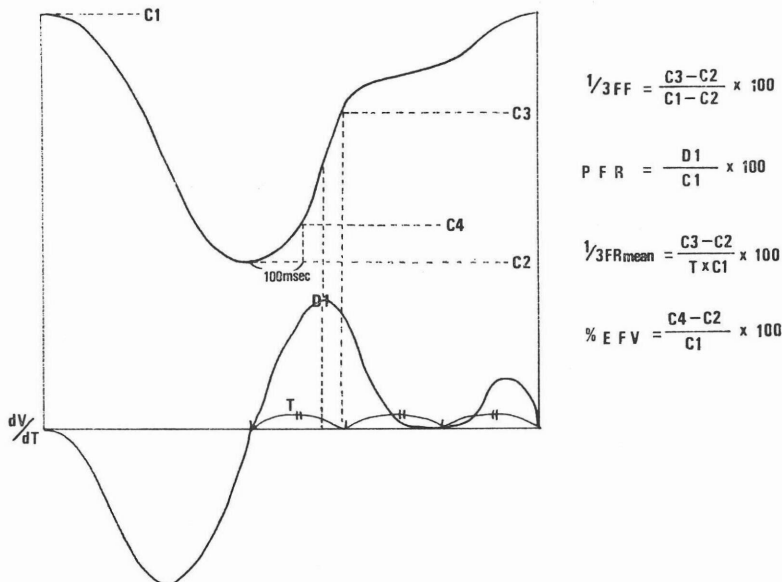


Fig. 1 Calculation left ventricular diastolic phase indices from LV time activity curve.  
1/3FF; filling fraction during first third of diastole.  
PFR; peak filling rate.  
1/3FR-mean; mean first third of diastole.  
%EFV; early filling volume ratio.

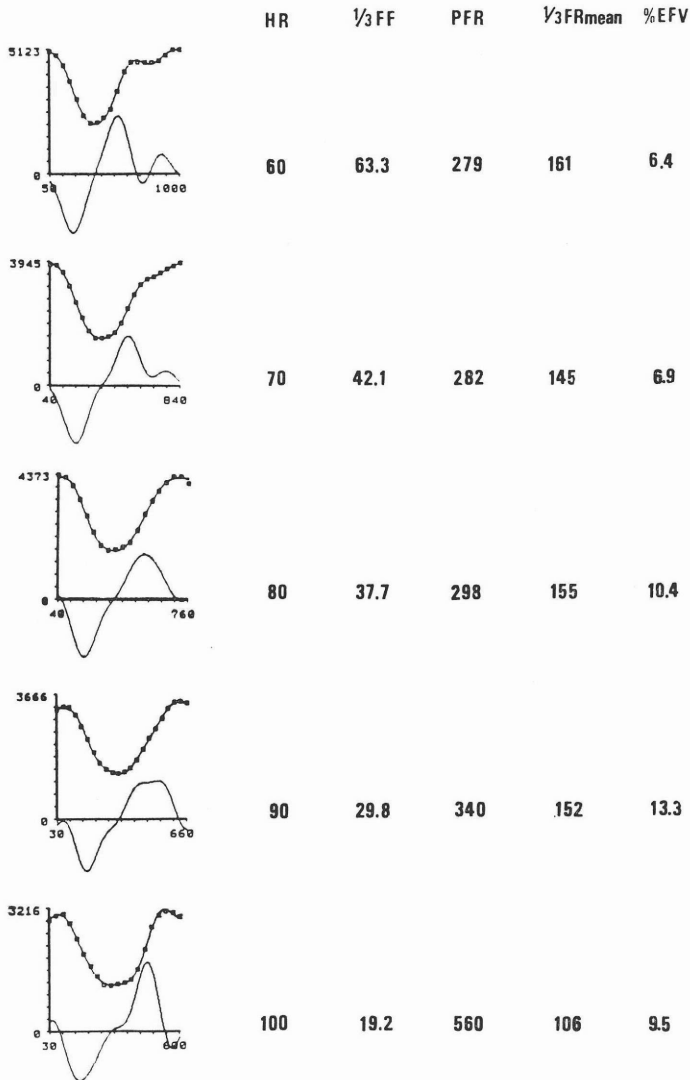


Fig. 2 Left ventricular volume curve and diastolic phase indices in one patient with AAI pacemaker. Heart rate was changed from 60 beats/min (upper) to 100 beats/min (lower).

## 2. 心臓動態ファントムによる検討

EDV (150 ml)・SV (90 ml) を一定にして HR を 40/分から 100/分まで変化させたが、 $\frac{1}{3}FF$  を除く各指標は増加した (Fig. 5)。これは今回用いたファントムでは、心拍数を変化させても臨床例と異なり一心周期に占める拡張期の割合が一定に固定されているためで、HR の影響をこのファント

ムで評価することは難しいと考えられた (Fig. 6)。

## IV. 考 察

Strauss ら<sup>13)</sup> により開発された心拍同期心プールシンチグラフィは、主として虚血性心疾患における局所壁運動の観察や収縮期指標である左室駆出率の算出に用いられてきた。一方、Bonow らが

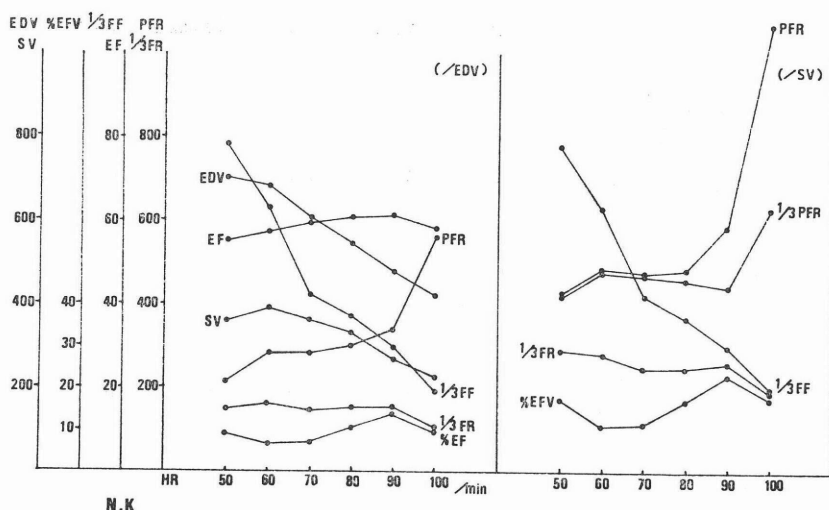


Fig. 3 The influence of heart rate on left ventricular volumes and various diastolic phase indices.

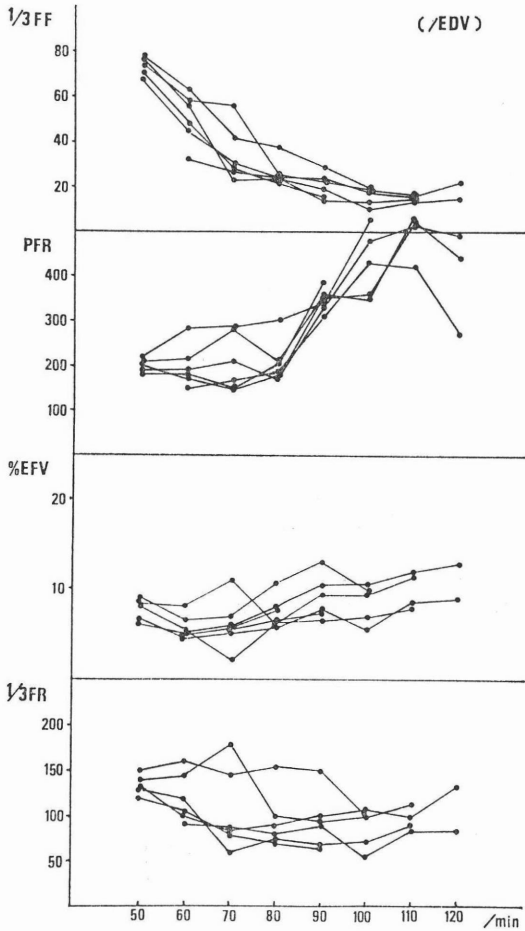
/EDV: normalized for endodiastolic count.

/SV: normalized for stroke count.

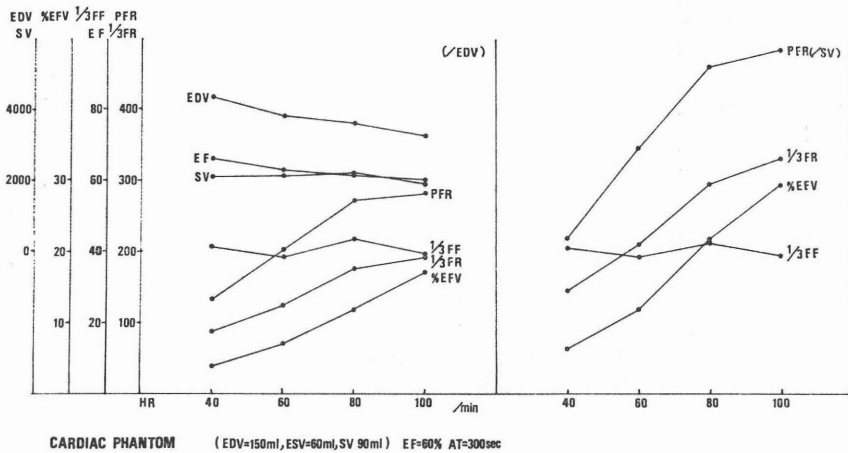
虚血心において PFR の低下を報告して以来、肥  
大心・虚血心において  $PFR \cdot 1/3FF \cdot 1/3FR$ -mean  
%EFV など種々の拡張期指標の有用性が報告さ  
れてきた。しかし、これらの容積変化より求める  
各指標には、左室拡張末期容積・左室駆出率・心  
拍数などの因子が関与すると考えられる。そこで  
著者らはできるだけ他の因子を除外する意味で  
AAI ペースメーカ患者を対象として、同一患者に  
おける心拍数の影響を検討した。

Rozenman ら<sup>14-16)</sup>の報告に見られるように心  
拍数の増加に伴い EDV・ESV・SV は減少し、EF  
は軽度増加した。拡張期指標は主として安静時に  
用いる指標ということで 50/分から 90/分心拍の  
間について注目してみると、 $1/3FF$  は変化が大きく  
临床上用いられないと考えられ、PFR は 50/分  
から 80/分心拍ではほぼ一定で症例間のバラツキも  
少なく適当な指標と考えられたが、90/分心拍  
では著しく増加し注意が必要と思われた。%EFV は  
 $1/3FF \cdot PFR$  ほど全体として受ける影響は少ない  
が増加傾向を示し、 $1/3FR$ -mean は減少傾向を  
示したが、症例間のバラツキは大であった。症例間の  
バラツキの要因としては、データ収集時のサンプ

リング時間の設定ならびにデータ解析時のフーリ  
エ高次近似の次数選択などが考えられるが、特に  
拡張期のきわめて早い時期の指標である %EFV  
を算出する場合には、より適切なサンプリング時  
間およびフーリエ近似の選択が必要であると考え  
られた<sup>17)</sup>。EDV および SV による normalize に  
ついては、EDV・SV とともに心拍数増加に伴い減  
少するため両群間に差は認められなかった。また  
拡張末期容積・駆出率・心拍数などの拡張期指標に  
与える影響を検討する上で、任意に条件を設定で  
きるファントムがあれば、個々の因子の影響を分  
離して検討できると考え、今回、EDV・SV・HR  
を任意に設定できる安西総業社製心臓動態ファ  
ントム (Cardiac II) を用いて、心拍数の拡張期指標  
に与える影響について検討した。臨床例と異なり、  
心拍数を変化させても収縮期と拡張期の比率が一  
定で左室容量曲線のパターンが変化しないため、  
このファントムで心拍数の影響を検討することは  
難しかった。しかし、EDV・SV など容積の変化  
に関する検討には最も適したファントムであるこ  
とが立証された (Fig. 7)。



**Fig. 4** Changes in diastolic function indices during atrial pacing in 6 patients with AAI pacemakers. The  $1/3FF$  decreased significantly as heart rate increased. PFR was fairly stable from 50 to 80 beats/min, but increased significantly from 90 to 100 beats/min.  $1/3FR$ -mean and  $\%EFV$  did not change significantly, but  $1/3FR$ -mean showed decreasing tendency and  $\%EFV$  showed increasing tendency as heart rate was increased.



**Fig. 5** The influence of change in heart rate on various diastolic phase indices in cardiac phantom.

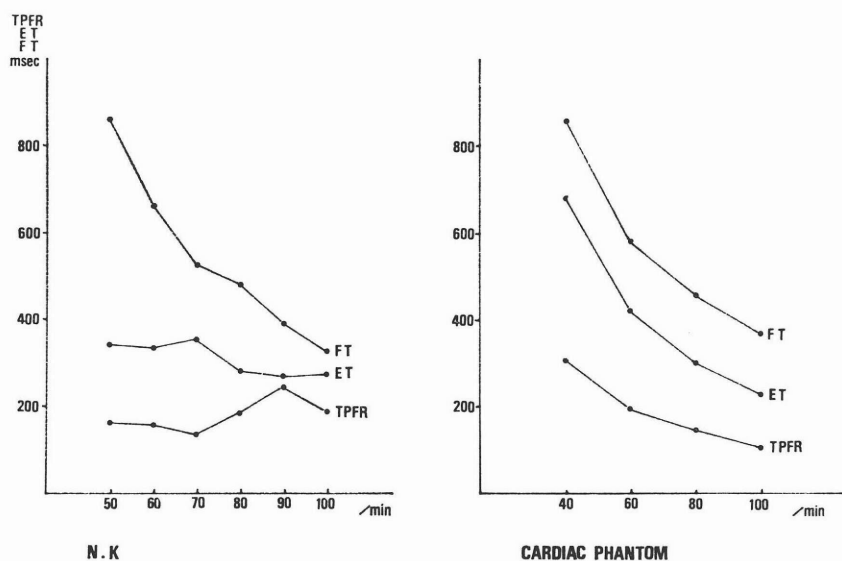


Fig. 6 Difference between clinical case and cardiac phantom on ejection time as heart rate increased.  
FT; filling time. ET; ejection time.

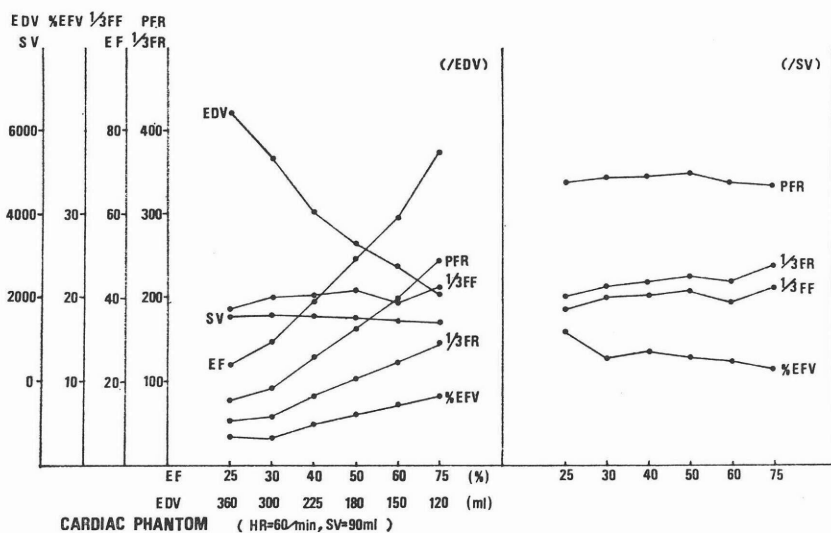


Fig. 7 The influence of change in endodiastolic volume and stroke volume on various diastolic phase indices in cardiac phantom.

## V. 結 語

拡張期指標に及ぼす心拍数の影響についてのペースメーカ植込み患者での検討では、

1) 1/3FF は、各心拍数間で大きく変化し、拡張期指標として不適当と考えられた。

2) PFR は、50/分から80/分心拍ではあまり変化せず症例間のバラツキも少なく指標として適当と考えられたが、90/分心拍以上では著しく増加し注意が必要と考えられた。

3) 1/3FR-mean・%EFV は著明な変化を示さなかったが、心拍数増加に伴いおのおの減少傾向および増加傾向を示し、症例間にバラツキが認められた。特に %EFV については、データ収集時のサンプリング時間およびデータ解析時のフーリエ近似次数についての今後の検討が必要と考えられた。

心臓動態ファントムは、EDV・SV等の容積変化の拡張期指標に及ぼす影響についての検討には適当と考えられたが、HRが及ぼす影響の検討には適していなかった。

本論文の要旨は、第26回日本核医学会総会(昭和61年11月、千葉県鴨川市開催)において発表した。

## 文 献

- 1) Bonow RO, Bacharach SL, Green MV, et al: Impaired left ventricular diastolic filling in patients with coronary artery disease: Assessment with radionuclide angiography. *Circulation* **64**: 315-323, 1981
- 2) Reduto LA, Wickemeyer WJ, Young JB, et al: Left ventricular diastolic performance at rest and during exercise in patients with coronary artery disease. *Circulation* **63**: 1228-1237, 1981
- 3) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一: 心プールのイメージングより求めた diastolic phase index の有用性——虚血性心疾患における検討——. *核医学* **19**: 1147-1157, 1982

- 4) 池園 徹, 尾崎正治, 山岸 隆, 他: 平衡時心電図同期心プール法による左室 relaxation の評価. *核医学* **20**: 659-665, 1983
- 5) Bonow RO, Frederick TM, Bacharach SL, et al: Atrial systole and left ventricular filling in hypertrophic cardiomyopathy: Effect of verapamil. *Am J Cardiol* **51**: 1386-1391, 1983
- 6) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 他: 肥大心における拡張期指標の有用性:  $^{99m}\text{Tc}$  心プールイメージングによる検討. *核医学* **20**: 1133-1144, 1983
- 7) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 他: 高血圧における拡張早期左室充満の検討. *核医学* **22**: 1529-1537, 1985
- 8) 成田充啓, 栗原 正, 村野謙一, 他: 虚血性心疾患における拡張早期左室充満障害のメカニズムの検討. *核医学* **22**: 961-970, 1985
- 9) 池園 徹, 尾崎正治, 山岸 隆, 他: 肥大心における左室拡張期動態. *核医学* **24**: 157-164, 1987
- 10) Yamagishi T, Ozaki M, Kumada T, et al: A synchronous left ventricular diastolic filling in patients with isolated disease of the anterior descending coronary artery: Assessment with radionuclide ventriculography. *Circulation* **69**: 933-942, 1984
- 11) 井上登美夫, 井上寛一, 岡部昭文, 他: 心電図同期心プールシンチグラフィ用心動態ファントムの試作と評価. *核医学* **22**: 261-268, 1985
- 12) 細羽 実, 和辻秀信, 広江道昭, 他: 心プールゲートイメージからの左室自動輪郭抽出法. *核医学* **21**: 1229-1236, 1984
- 13) Strauss HW, Zaret BL, Hurley PL, et al: A scintigraphic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. *Am J Cardiol* **28**: 575-584, 1971
- 14) Rozenman Y, Weiss AT, Atlan H, et al: Left ventricular volumes and function during atrial pacing in coronary artery disease: A radionuclide angiographic study. *Am J Cardiol* **53**: 497-502, 1984
- 15) Parker JO, Fareeduddin K, Case RB: Analysis of left ventricular function by atrial pacing. *Circulation* **43**: 241-252, 1971
- 16) Narahara KA, Blettel ML: Effect of rate on left ventricular volumes and ejection fraction during chronic ventricular pacing. *Circulation* **67**: 323-329, 1983
- 17) 河合直樹, 岡田充弘, 鈴木晃夫, 他: 合成左室容量曲線の Fourier 解析によるペースメーカ患者の左房機能評価. *核医学* **22**: 527-534, 1985

## Summary

### Evaluation of the Influence of Change in Heart Rate on Left Ventricular Diastolic Function Indices

Motomasa KIMURA\*, Hiroaki YAMAGISHI\*, Yasuyuki SEINO\*, Ikuo ODANO\*,  
Kunio SAKAI\*, Tomohiko YAMAMOTO\*\* and Takashi TSUDA\*\*

*\*Department of Radiology, \*\*The First Department of Internal Medicine, Niigata University*

In order to assess the influence of change in heart rate on left ventricular diastolic function indices, ECG gated cardiac pool study was performed in 6 patients with implanted programmable AAI pacemakers. Heart rate was changed by atrial pacing from 50 to 120 beats/min, every 10 beats/min. The filling fraction during first third of diastole (1/3FF), the peak filling rate (PFR), mean first third filling rate (1/3FR-mean) and early filling volume ratio (%EFV), being used as the indices of left ventricular diastolic performance, were assessed.

In accordance with increase in heart rate, 1/3FF

decreased significantly. PFR were fairly stable from 50 to 80 beats/min, but increased significantly from 90 to 120 beats/min. 1/3FR-mean and %EFV did not change significantly, but 1/3FR-mean showed decreasing tendency and %EFV showed increasing tendency as the heart rate was increased. %EFV was more changeable index than other indices among clinical cases. These results indicate that PFR and 1/3FR-mean were appropriate diastolic phase indices at rest.

**Key words:** Gated blood pool imaging, Diastolic phase index, Heart rate, AAI pacemaker.