

《原 著》

DDD ペースメーカー植え込み症例における左室機能
および局所心筋灌流に関する核医学的検討

若 倉 学*

要旨 DDD ペースメーカー植え込みを行った 12 例に ^{99m}Tc 標識赤血球による心プールシンチグラフィーと安静時 ^{201}Tl 心筋 SPECT を施行し、右心室ペースング時における左室機能と局所心筋灌流異常の機序を検討した。左室駆出率 (LVEF) は正常群、ペースング群間に有意差を認めず、ペースング群では心房心室順次ペースング (AVSP)、心室ペースング (VP) 両モード間でも有意差を認めなかった。一方左室拡張早期最大充満速度 (EDPFR) は正常群 2.37 ± 0.48 (counts/second/EDC), AVSP 0.90 ± 0.52 , VP 1.55 ± 0.52 と正常群に比しペースング群で有意に低値を示し ($p < 0.01$)、ペースング群では VP に比し AVSP で有意に低値を示した ($p < 0.01$)。機能画像では、AVSP 時 12 例中 7 例、VP 時 12 例中 3 例に心室中隔から心尖部にかけてのペースング部位に近接した局所で駆出時間 (ET) の延長を認め、両モードとも 12 例全例に同様の局所で EDPFR の低下を認めた。 ^{201}Tl 心筋 SPECT では、AVSP 時 10 例中 8 例、VP 時 9 例中 6 例においてペースング部位に近接した局所で心筋灌流異常を認めた。以上よりペースング部位周辺の局所心筋灌流障害の原因として、同部位の拡張早期充満速度の低下および駆出時間の延長が考えられた。

(核医学 29: 561-572, 1992)

I. 結 言

近年恒久的ペースメーカーの開発は目覚ましいものがあり、特により生理的血行動態に近いプログラムが可能なマルチプログラマブルペースメーカー (DDD ペースメーカー) の出現により、房室ブロックを主体とした徐脈性不整脈を有する患者に対してのペースメーカー植え込み術がさらに一般的な治療になりつつある。従来ペースング時の心機能および壁動態については、観血的 (心臓カテーテル) あるいは非観血的 (心エコー, ドップラー, 心プールシンチグラフィ) 手法を用い諸家により報告されているが収縮機能を中心に検討

したものが多い¹⁻⁵⁾。一方右心室ペースング時や左脚ブロックの際、心室中隔を中心とした局所心筋灌流異常を ^{201}Tl 心筋シンチグラフィ等により検討した報告も散見されるが、その原因を収縮期壁運動異常に求めたものが大部分であり拡張動態に言及したものはわずかである⁷⁻¹¹⁾。そこで今回著者は DDD ペースメーカー植え込み症例に対し ^{99m}Tc 標識赤血球による心プールシンチグラフィを施行、特にその左室全体および局所の拡張様式について検討し、さらに同症例に対して施行した ^{201}Tl 心筋シンチグラフィより得られた所見と対比し、ペースング部位周囲の心筋灌流異常の機序について検討したので報告する。

II. 対 象

対象は DDD ペースメーカー植え込み術を施行した 12 例 (男: 女 = 9: 3, 年齢 69.1 ± 14.7 歳) で、ペースメーカー植え込みより核医学検査までの期間は 1 か月から 28 か月まで平均 5.8 か月であっ

* 東邦大学医学部内科学第一講座

受付: 3 年 10 月 16 日

最終稿受付: 4 年 2 月 21 日

別刷請求先: 東京都大田区大森西 6-11-1 (☎ 143)

東邦大学医学部附属大森病院

内科学第一講座

若 倉 学

Table 1 Characteristics of the subjects

(1) Patients with DDD pacemaker	
○ N=12 (M/F=9/3)	
○ Age=69.1±14.7 y. o.	
○ Clinical diagnosis before pacemaker implantation	
┌ 1st degree A-V block+SSS	1 case
├ 2nd degree A-V block+SSS	1 case
├ 2nd degree A-V block	6 cases
└ 3rd degree A-V block	4 cases
○ Complications	
┌ Hypertension (HT)	5 cases
├ Hyperglycemia (DM)	3 cases
├ Aortic stenosis and regurgitation (ASr)	1 case
└ Angina pectoris (AP)	2 cases*
* No significant lesion in the left anterior descending artery and right coronary artery.	
(2) Normal controls	
(Defined by exercise Tl-201 myocardial SPECT)	
○ N=7 (M/F=5/2)	
○ Age=53.9±10.1 y. o.	

SSS=sick sinus syndrome; A-V block=atrio-ventricular block

た。植え込み術施行時の臨床診断は I 度房室ブロック+洞機能不全症候群 (SSS) 1 例, II 度房室ブロック 7 例 (うち 1 例は SSS を伴う), III 度房室ブロック 4 例である。合併症として高血圧症 5 例, 糖尿病 3 例, 大動脈弁狭窄兼閉鎖不全 1 例, 狭心症 2 例 (冠動脈造影にて 1 例は有意狭窄を認めず冠攣縮性狭心症と診断, 1 例は回旋枝に 90% の狭窄を認めるのみであった) を認めた。コントロールとして徐脈性不整脈を有さず, 運動負荷 ^{201}Tl 心筋 SPECT を含む種々の臨床検査にて正常と判定した 7 例 (男:女=5:2, 年齢 53.9 ± 10.1 歳) を用い以下正常群とした (Table 1)。

III. 方 法

ピロリン酸 0.3 mg/kg 静注 30 分後に $^{99\text{m}}\text{Tc}$ pertechnetate 740 MBq (20 mCi) を静注する Tc-赤血球標識法を用い, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 静注 10 分後平衡に達した時点から, 左右両心室の分離が最良となる modified LAO projection にてマルチゲート法によるデータ採取を 1 フレーム 30 msec とし 300

心拍行った。データ収集には島津製作所製ガンマカメラ (all purpose collimator) を使用し, オンラインで接続した島津製作所製シンチパック 2400 にて variable ROI method を用いデータ解析を行った。データ収集時のペーシングモードは心房心室順次ペーシング (atrio-ventricular sequential pacing: AVSP) と心室ペーシング (ventricular pacing: VP) とともに心拍数は $80/\text{分}$ で, AVSP 時の房室インターバルは 150 msec に設定した。また正常群での心拍数は平均 $64\pm11/\text{分}$ ($51\sim80$) の自己洞調律にて行った。かかる方法で得られた左室容量曲線をフーリエ 3 次項にて近似し, これより求めた global ejection fraction (LVEF, %) を左室収縮能の指標とし, 拡張能の指標として拡張早期 1/3 における early diastolic peak filling rate (EDPFR, counts/second/end-diastolic counts: EDC) を求めた。さらに各 pixel における容量曲線をフーリエ 3 次項で近似し ejection time (ET) と EDPFR の機能画像 (functional map) を作成し左室局所の収縮および拡張特性の指標とした。 ^{201}Tl 心筋 SPECT はペーシング群 10 例, 正常群 7 例に施行した。ペーシング群中 9 例は AVSP, VP 両モードで, 1 例は AVSP 単独で, それぞれ心プールシンチグラフィー施行時と同様心拍数を $80/\text{分}$ に設定し 10 分後に ^{201}Tl $111\sim148\text{ MBq}$ ($3\sim4\text{ mCi}$) を静注, 安静時初期像と 4 時間後の遅延像を撮像した。一方正常群はすべてトレッドミルによる運動負荷を施行し, 負荷直後の初期像と 4 時間後の遅延像を撮像した。なおペーシング群の 1 例ではペースメーカー植え込み前にも心プールシンチグラフィーと運動負荷 ^{201}Tl 心筋 SPECT を施行しており, 植え込み後のそれぞれの所見と対比検討した。

IV. 結 果

1. ペーシング例における左室全体の収縮能および拡張能

Global LVEF は正常群 $63.7\pm9.1\%$, AVSP 時 $57.8\pm9.6\%$, VP 時 $55.8\pm10.0\%$ とペーシング群ではいずれのモードにおいても正常群に比し低値

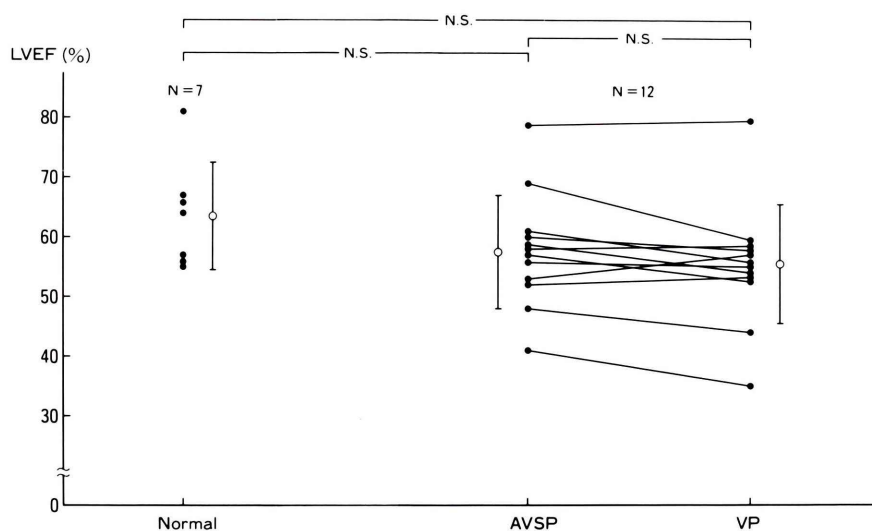


Fig. 1 Comparison of global LVEF among control and pacing groups, AVSP and VP. Although global LVEF tended to be lower during VP ($55.8 \pm 10.0\%$) than during AVSP ($57.8 \pm 9.6\%$), and these values tended to be lower than those in the control group ($63.7 \pm 9.1\%$), there were no statistically significant difference. LVEF=left ventricular ejection fraction, AVSP=atrio-ventricular sequential pacing, VP=ventricular pacing

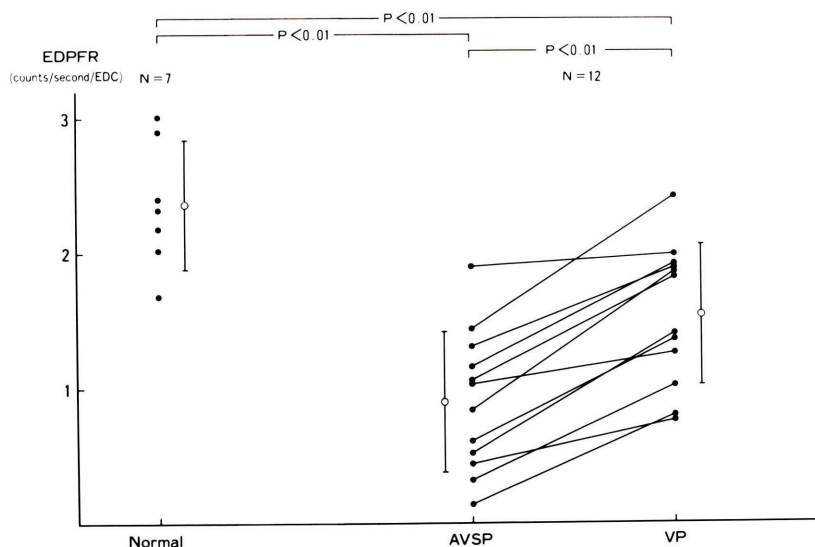


Fig. 2 Comparison of global EDPFR among control and pacing groups, AVSP and VP. Global EDPFR was significantly lower during AVSP (0.90 ± 0.52 counts/sec/EDC) than during VP (1.55 ± 0.52) ($p < 0.01$), and these values were significantly lower than those in the control group (2.37 ± 0.48) ($p < 0.01$). EDPFR=early diastolic peak filling rate, EDC=end-diastolic counts

T. K. 71 Y. O.

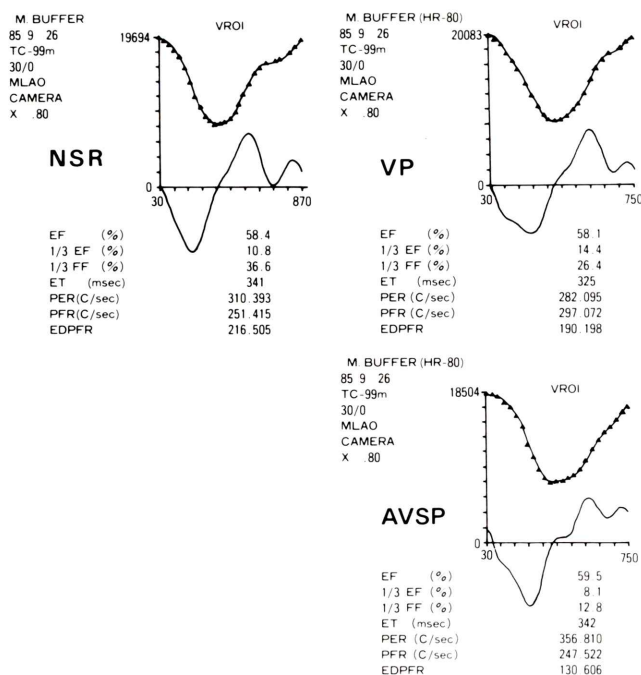


Fig. 3A Left ventricular time activity curves in case 4 (71 y.o. male). Although global LVEF was almost equal during NSR (58.4%), VP (58.1%) and AVSP (59.5%), EDPFR was significantly lower during AVSP (1.31 counts/second/EDC) than during NSR (2.17) or during VP (1.90). NSR=normal sinus rhythm

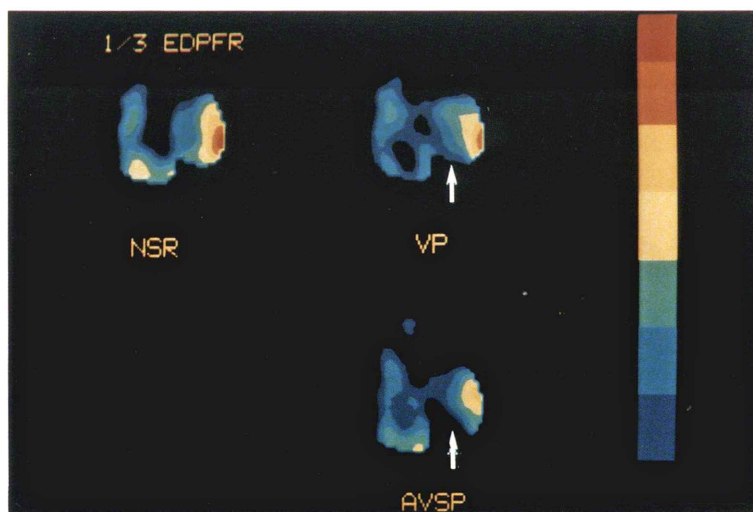


Fig. 3B Functional images of EDPFR during NSR, VP and AVSP in case 4. Regional decrease in EDPFR was observed from septal to apical region of the left ventricle during both VP and AVSP (arrows), although the area with decreased EDPFR was wider during AVSP than during VP.

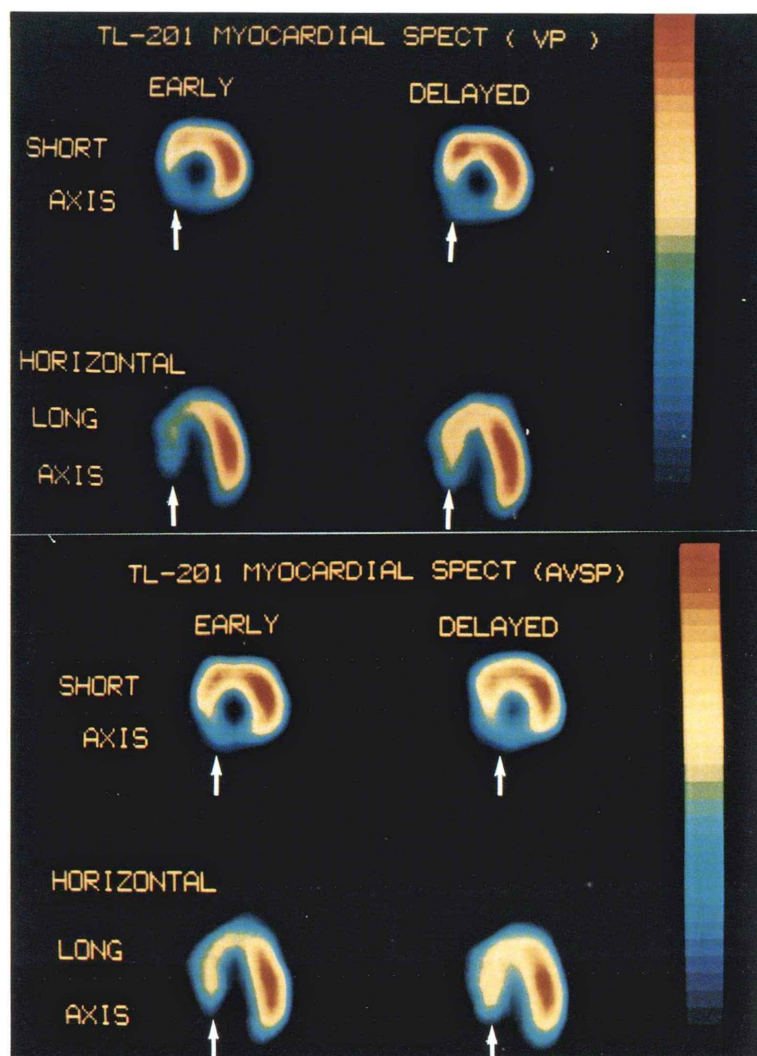


Fig. 3C ^{201}Tl myocardial SPECT at rest in case 4. An early image showed regional impairment of myocardial perfusion in septum, apex and the infero-posterior wall on the septal side during both modes, VP and AVSP. A late image showed incomplete reperfusion during both modes (arrows). There was no difference in extent or severity of the perfusion abnormality between the 2 modes.

を示す傾向にあったが有意差は認めず、また両モード間でも有意差を認めなかった (Fig. 1).

Global EDPFR は正常群 2.37 ± 0.48 counts/second/EDC, AVSP 時 0.90 ± 0.52 , VP 時 1.55 ± 0.52 とペースング群ではいずれのモードにおいても正常群に比し有意に低値を示した ($p < 0.01$). 一方両モード間における比較では AVSP 時で VP 時

に比し有意に低値を示した ($p < 0.01$) (Fig. 2). なおペースング群の洞調律時での検討は 5 例に施行し (平均心拍数 = 62/分), LVEF は $55.2 \pm 8.6\%$ と正常群およびペースング群の両モードに対して有意差を認めなかったが, EDPFR は 1.78 ± 0.27 と正常群に対し有意に低値を示し ($p < 0.01$), AVSP に対し有意に高値を示した ($p < 0.01$).

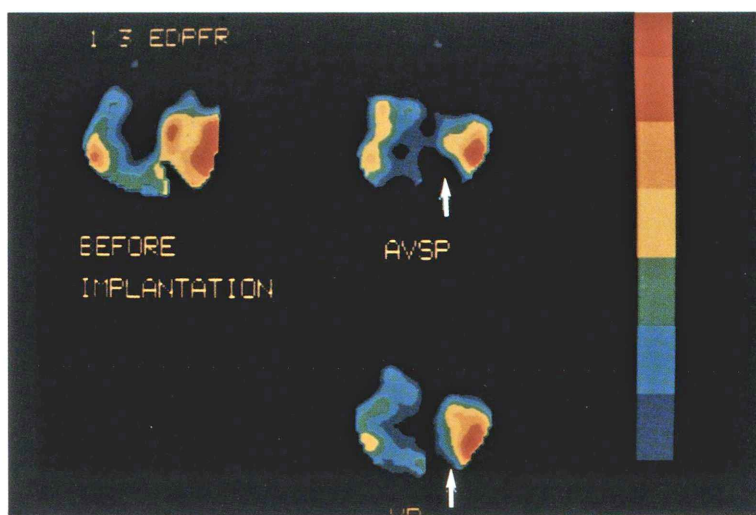


Fig. 4A Functional images of EDPFR in case 12 (55 y.o. male) before and after pacemaker implantation. EDPFR was regionally decreased in apicoseptal region of the left ventricle during AVSP and VP, and the abnormal area was wider during AVSP than during VP (arrows).

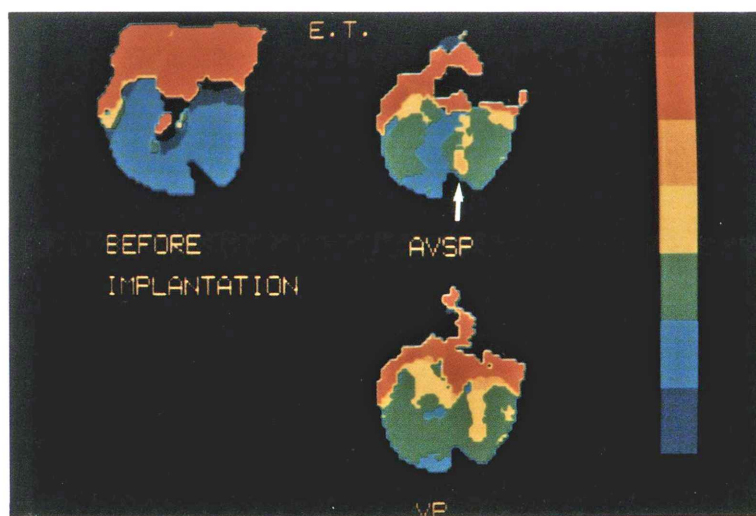


Fig. 4B Functional images of ET in case 12 before and after pacemaker implantation. Regional prolongation in ET was observed in the apical area on the septal side of left ventricle only during AVSP (arrow). ET=ejection time

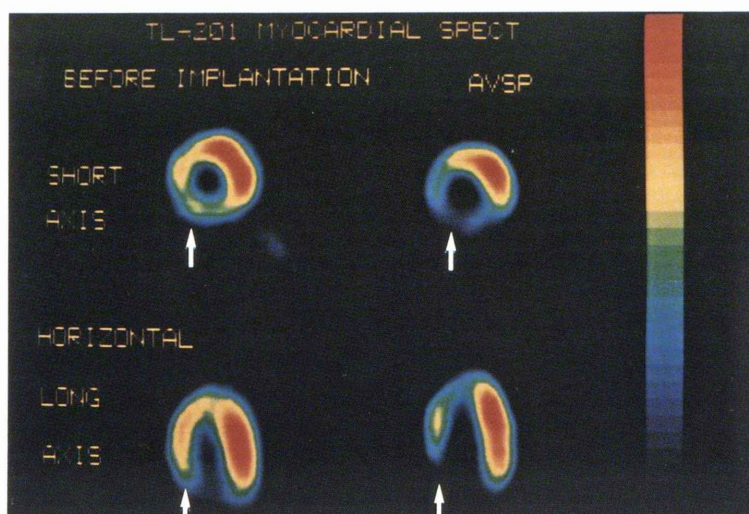


Fig. 4C Early images of ^{201}Tl myocardial SPECT in case 12 before (exercise image) and after pacemaker implantation (resting image during AVSP). Myocardial perfusion was found to be impaired before and after implantation in septum, apex and the infero-posterior wall on the septal side (arrows), and the perfusion abnormality was more apparent during AVSP than that before implantation.

Table 2 Regional impairments of left ventricular function and myocardial perfusion in patients with DDD pacemaker

No.	Age (y.o.)	Sex	Clinical diagnosis	Complication	CAG	Prolonged ET		Decreased EDPFR		^{201}Tl hypoperfusion	
						AVSP	VP	AVSP	VP	AVSP	VP
1	54	F	3° AVB			(-)	(-)	(+)	(+)		
2	79	M	2° AVB	HT, DM		(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)
3	35	M	2° AVB			(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(-)
4	71	M	2° AVB			(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)
5	84	M	3° AVB	HT		(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)
6	69	M	2° AVB		no lesion	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
7	82	M	2° AVB	HT		(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
8	67	F	3° AVB	HT, DM, AP	CX (#13) 90%	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)
9	85	F	3° AVB	ASr		(-)	(-)	(+)	(+)	(-)	(-)
10	76	M	1° AVB+SSS	HT, DM, AP	no lesion	(-)	(-)	(+)	(+)		
11	72	M	2° AVB			(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)
12	55	M	2° AVB+SSS			(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	

AVB=atrio-ventricular block; CAG=coronary arteriography; ET=ejection time; EDPFR=early-diastolic peak filling rate; AVSP=atrio-ventricular sequential pacing; VP=ventricular pacing; CX=circumflex artery

2. ペーシング例における左室局所収縮時間と拡張能

左室 ET の機能画像では、AVSP 時 12 例中 7 例 (58.3%), VP 時 12 例中 3 例 (25%) において心室中隔から心尖部にかけて局所的に ET の延長を認めた。また左室 EDPFR の機能画像では全 12 例で、AVSP 時、VP 時いずれのモードにおいても、ET の延長を認めた部位と同様の心室中隔から心尖部にかけて局所的に EDPFR の低下を認めた。両モード間における EDPFR 低下領域の比較では、全例において VP 時に比し AVSP 時で広範囲に EDPFR の低下を認めた (Table 2)。一方正常群 7 例に対し上記 2 項目の検討を行ったが、いずれの症例においても局所における ET の延長や EDPFR の低下は認めなかった。

3. ペーシング例における左室局所心筋灌流

安静時 ^{201}Tl 心筋 SPECT の初期像で、AVSP 時 10 例中 8 例 (80%), VP 時 9 例中 6 例 (66.7%) において心室中隔、心尖部、心室中隔寄りの下後壁の局所で心筋灌流の低下を認め、遅延像で全症例に不完全再分布を認めた。灌流異常を認めた大部分の症例において、両モード間で心筋灌流障害の程度や範囲に差異を認めなかったが、症例 3 では AVSP 時に限り局所灌流低下を認めた。さらに AVSP 時、VP 時いずれのモードでも局所心筋灌流低下を認めなかった症例 8、9 の 2 例では、両モードで局所 EDPFR の低下を認めるものの、局所 ET の延長は認めなかった (Table 2)。

症例 1

71歳、男性、II度房室ブロックにて DDD ペースメーカー植え込み施行。3か月後に心プールシンチグラフィと安静時心筋 SPECT を施行した。特に合併症は認めず、冠動脈造影は未施行であるが冠動脈病変を疑わせるような自覚症状もなかった。

左室容量曲線を正常洞調律時 (normal sinus rhythm: NSR, HR=69/分)、VP 時 (HR=80/分)、AVSP 時 (HR=80/分) で比較したところ、global LVEF はそれぞれ NSR 58.4%、VP 時 58.1%、AVSP 時 59.5% と明らかな差異を認めないが、

global EDPFR はそれぞれ NSR 2.17 (counts/second/EDC)、VP 時 1.90、AVSP 時 1.31 と NSR および VP 時に比して AVSP 時で拡張早期最大充填速度の低下は明らかであった (Fig. 3A)。同症例の左室 EDPFR の機能画像を NSR、VP、AVSP 間で比較した (Fig. 3B)。図右側に示すカラースケールで色調が赤に近いほど EDPFR は高値で青に近づくに従って低値を示している。NSR に比しペーシング時では心室中隔より心尖部で局所的に EDPFR は低下し (arrows)、VP 時に比し AVSP 時でその部位はより広範囲であった。心プールシンチグラフィと同時期に施行した安静時心筋 SPECT を VP、AVSP 両モード間で比較したところ (Fig. 3C)、初期像にて VP、AVSP いずれにおいても心室中隔、心尖部、心室中隔寄りの下後壁で局所的に心筋灌流の低下を認め、遅延像にて同部位に不完全再分布を認めた (arrows)。ただし両モード間で灌流障害の程度や範囲に明らかな差異はなかった。

症例 2

55歳、男性、II度房室ブロック兼洞機能不全症候群 (SSS) にて DDD ペースメーカー植え込み施行。特に合併症はなく失神発作以外冠動脈病変を疑うような自覚症状もなかった。

この症例に対しペースメーカー植え込み3日前と5日後に心プールシンチグラフィをまた運動負荷心筋 SPECT を植え込み3日前、安静時心筋 SPECT を植え込み5日後にそれぞれ施行した。なお植え込み施行3日前の時点では、体外式ペースメーカーが右心室心尖部に挿入されていた。

EDPFR の機能画像を植え込み前正常洞調律時 (HR=51/分) と植え込み後 AVSP 時 (HR=80/分)、VP 時 (HR=80/分) で比較したところ (Fig. 4A)、植え込み前洞調律時に比し植え込み後ペーシング時では心室中隔より心尖部で局所的に EDPFR は低下し、VP 時に比し AVSP 時でその低下部位はより広範囲であった (arrows)。

さらに ET の機能画像を植え込み前正常洞調律時と植え込み後 AVSP 時、VP 時で比較すると (Fig. 4B)、AVSP 時のみ心尖部寄りの心室中隔

で局所的に ET の延長している部位を認めた (arrow).

ペースメーカー植え込み前正常洞調律時と植え込み後 AVSP 時 (HR=80/分) に施行した心筋 SPECT の比較では (Fig. 4C), 植え込み前運動負荷直後の初期像で心室中隔, 心尖部, 心室中隔寄りの下後壁においてわずかに心筋灌流の低下を認めたが, 植え込み後 AVSP の初期像では, 安静時であるにもかかわらず同部における心筋灌流障害は範囲, 程度ともに植え込み前に比してより高度であった (arrows).

V. 考 察

1959 年初めて体内植え込み式ペースメーカーが開発されて以来, 心室刺激型ペースメーカー (VVI) が徐脈性不整脈に対する治療の主体であったが, 近年マルチプログラブルペースメーカー (DDD ペースメーカー) の開発に伴い, 循環動態に応じた心拍数の変化や心房の補助ポンプ作用を有効に活用したペーシング様式が可能となり, 血行動態的にもより生理的になりつつある. 一方右心室ペーシング時における心室内刺激伝導様式は左脚ブロック時のそれと類似しており, この点に限っては生理的とは言いがたい. 従来ペーシング時の心機能については諸家により, 心臓カテテル法, 心エコー法 (ドップラーを含む) あるいは ^{99m}Tc 心ブールシンチグラフィ等を用いて報告されてきている.

Samet ら¹⁾ は健康人 20 例に対し atrial pacing (AP), ventricular pacing (VP), atrio-ventricular sequential pacing (AVSP) の各モードにおいて, 右心カテテル法にて心拍出量を測定したところ, 心室内刺激伝導様式の変化より心房-心室同期性 (A-V synchrony) の有無が左心機能に対して重要であると述べている. 増山ら²⁾ は超音波ドップラー法を用い DDD ペースメーカー植え込み例の心拍出量を計算したところ, VVI モードに比し AAI, DVI モードで有意に高値を示し, 後 2 者のごとき A-V synchrony を有するペーシングモードでは拡張末期の有効的な心房収縮が心拍出量の

増大をもたらすと述べている. Videen ら³⁾ は DDD ペースメーカー植え込み例に対し心ブールシンチグラフィを施行したところ左室駆出率, 拡張末期容量, 心係数等の左心機能の指標は VVI に比し VDD, DVI 等の A-V synchrony を有するペーシングモードにおいてより高値を示し, 特に心機能の低い群においては十分な房室インターバルを設定することによりこれらの差異はより著明になることを示した. 今回われわれは ^{99m}Tc 心ブールシンチグラフィより算出した左室駆出率 (LVEF) を左室収縮能の指標とし, 正常群とペーシング群の AVSP, VP 両モードにおいて比較検討した. LVEF は AVSP で VP に比して僅かに高値を示す傾向にあったが有意差を認めず両群ともおおむね良好であり, 正常群と比較しても有意差を認めなかった. この原因としてペーシング群は正常群に比しかなり高齢で合併症も多く, 洞調律時の検討より左室拡張能はある程度傷害されているものの, 収縮能はほとんど傷害されていないことと, AVSP のような生理的ペーシングモードにおける有効的な心房収縮は, 諸家の報告のごとく拡張末期容量や 1 回拍出量等の容量を表す指標には影響をしても, 駆出率のような収縮能そのものを表す指標に対しての影響は少ないことが関係していると考えられた. ただし左脚ブロックや右心室ペーシング時に心室中隔は収縮期前方運動等の paradoxical motion を示すという報告もあり^{4-6,12)}, VP, AVSP 等の非生理的心室内伝導様式を示すモードと生理的心室内伝導様式を示すモードである心房ペーシング (AAI) や洞調律における左室駆出率を同一症例にて比較検討することが今後必要と考えられる. 一方左室全体の拡張能の指標として, 左室容量曲線より求めた拡張早期最大充満速度 (EDPFR) を用い正常群, ペーシング群 (VP, AVSP) で比較したところ, 正常群に比しペーシング群で, さらにペーシング群では VP に比し AVSP で有意に低値を示した. ペーシング群で左室急速流入速度が低下する原因として, 正常群に比較しかなり高齢者が多く器質的疾患の合併も考慮する必要があり, Miyatake ら¹³⁾ は超

音波ドップラー法を用い加齢に伴う左室急速流入速度の低下を報告している。本研究でも前述のごとく、ペースング群の 5 例で洞調律時の EDPFR を検討したところ、 1.78 ± 0.27 と正常群に比して有意に低下していた。しかし EDPFR の値がペースング群洞調律時に比しペースング時特に AVSP では有意な低下を認めることより、ペースング自体が拡張早期充满速度の低下に影響を及ぼしていることは否定し得ないと考えられた。一方 AVSP では拡張末期における有効的な心房の補助ポンプ作用により、拡張末期にこのような心房収縮の欠如している VP に比し拡張早期での房室間圧較差が減少し、その結果 AVSP では VP に比し左室急速流入速度が低値を示すことが示唆された。増山ら¹⁴⁾も超音波ドップラー法により左室急速流入速度を検討した結果 AVSP では VP に比し低値を示し、やはり有効的な心房収縮の存在が左室急速流入速度の低下に影響することを報告している。

従来より左脚ブロックや右心室ペースングの際心室中隔に相対的灌流低下を認めることが、核医学的手法を用い諸家により報告されている⁷⁻¹¹⁾。今回著者の心筋シンチグラフィ (SPECT) を用いた検討でも、安静時のイメージにおいて AVSP 時 80%、VP 時 66.7% の症例で中隔、心尖部、中隔寄りの下後壁のペースング部位に近接した領域に灌流異常が認められた。対象が高齢であったことや狭心症状に乏しい等の理由で 13 例中 3 例に冠動脈造影を施行したのみで、そのうち 1 例では回旋枝に 90% の狭窄を認めた。しかし灌流低下が全例ほとんど同様の部位に認められたことや、かかる低灌流部位が回旋枝領域とは考え難いことよりこれらの灌流異常はペースングそのものの影響であると考えられた。McGowan ら⁷⁾は ^{43}Ga と ^{81}Rb を用い左脚ブロック例における中隔の側壁に対する相対的灌流低下を報告した。Hirzel ら⁸⁾は左脚ブロック 19 症例に冠動脈造影と運動負荷 ^{201}Tl 心筋シンチグラフィを施行したところ、4 例にしか冠動脈病変を認めないにもかかわらず、全例負荷像において中隔の灌流低下を認めたと報告している。さらに動物を用い右心室ペースング

下で ^{201}Tl 心筋シンチグラフィとマイクロスフェアによる血流測定を行い、中隔の心筋血流が対側の後側壁に比し有意に低下していることを証明し、その機序として右心室ペースング時の伝導様式の変化による中隔の asynchronous contraction を挙げている。松村ら⁹⁾は正常冠動脈症例に高頻度右心室ペースングを行い、大多数の症例で ^{201}Tl 心筋シンチグラフィにて中隔の可逆性欠損を認めたと報告、さらに超音波を用いての検討で同部位の収縮期壁厚増加率が低下していることより、ペースング時心室内刺激伝導様式の変化に伴う中隔の壁運動異常が同部位の心筋酸素需要量低下をもたらし、相対的灌流低下が生じると述べている。また野沢ら¹⁰⁾もイヌに超音波のプローベを植え込み、心室性期外収縮出現時の focus 付近の壁厚が等容収縮期に増加し駆出期にむしろ減少することを報告、このような局所外的仕事量の減少が同部位心筋灌流低下の原因であると述べている。このように、従来の報告では右室ペースング時局所心筋灌流低下の原因を中隔の収縮期壁運動異常に求めているものが大部分であり、Depuey ら¹¹⁾のように左脚ブロック時の中隔の灌流低下を拡張期の変化と関連づけた報告は少数である。しかし既知のごとく、左冠動脈領域の心筋灌流の約 70% は拡張期に依存し、特に拡張早期に最大となることより^{15,16)}、左室局所 (ペースング部位付近) の拡張早期の動態を検討することが同部の灌流異常の機序解明に必要と考え、EDPFR と駆出時間 (ET) の左室機能画像を作成した。その結果、正常群では全例両指標とも左室内で均一であったのに対し、ペースング群では AVSP、VP いずれのモードにおいてもペースング部位に近接していると考えられる心室中隔から心尖部にかけて局所的な EDPFR の低下を全例に認めた。また AVSP 時 58.3%、VP 時 25% の症例で EDPFR 低下と同様の部位に ET の延長を認め、特に ET の延長を認めた症例のペースングモードでは 100% ペースング部位付近の局所心筋灌流低下を認めた。このことより、右心室ペースング時における左室局所拡張早期最大充满速度の低下とともに、同部

位における駆出時間の延長も、局所心筋灌流異常に重要な影響を及ぼすと考えられた。

VI. 結 語

1) DDD ペースメーカー植え込みを施行した12例に対し ^{99m}Tc 心プールシンチグラフィと ^{201}Tl 心筋 SPECT を施行し、ペーシング時の心機能と心筋灌流異常を検討した。

2) LVEFは正常群63.7%, ペーシング群 AVSP 時 57.8%, VP 時 55.8% と両群間およびモード間に有意差を認めなかった。一方 EDPFR は正常群 2.37 counts/second/EDC, AVSP 時 0.90, VP 時 1.55 と両ペーシングモードとも正常群に比し有意に低値を示し ($p<0.01$), AVSP 時では VP 時に比し有意に低値を示した ($p<0.01$)。

3) 機能画像では AVSP 時 58.3%, VP 時 25% の症例で心室中隔から心尖部にかけての局所に ET の延長を認めた。また同様の部位で両モードとも全例に EDPFR の低下を示し、すべて VP 時に比し AVSP 時においてその部位は広範囲であった。

4) ^{201}Tl 心筋 SPECT で AVSP 時 80%, VP 時 66.7% において心室中隔、心尖部、心室中隔寄りの下後壁の局所心筋灌流低下を認め、両モード間で灌流異常の程度や範囲に差異はなかった。

5) 以上より右心室ペーシング時に見られるペーシング部位周辺の局所心筋灌流異常の原因として、同局所の拡張早期充満速度の低下ならびに駆出時間の延長が大きな要因であることが示唆された。

謝辞：稿を終えるにあたり、ご指導、ご校閲を賜りました東邦大学内科学第一講座、森下健教授に深甚なる謝意を捧げます。また本研究を進めるにあたって直接ご指導とご教示をいただきました日立製作所多賀総合病院、岡部昭文先生、東邦大学内科学第一講座、山崎純一講師に深く御礼申し上げます。さらに心臓血管研究所、加藤和三所長、上野孝志君のご援助、ご協力に心より感謝いたします。

本論文の要旨は、Society of Nuclear Medicine 34th Annual Meeting (June, 1987) において発表した。

文 献

- 1) Samet P, Castillo C, Bernstein WH: Hemodynamic consequences of sequential atrioventricular pacing. *Am J Cardiol* 21: 207-212, 1968
- 2) 増山 理, 上松正郎, 中真砂土, 他: 心拍出量からみた生理的ペーシングの評価, 断層心エコー・ドプラー法による検討. 日本超音波医学会講演論文集: 143-144, 1984
- 3) Videen JS, Huang SK, Bazgan ID, et al: Hemodynamic comparison of ventricular pacing, atrioventricular sequential pacing, and atrial synchronous ventricular pacing using radionuclide ventriculography. *Am J Cardiol* 57: 1305-1308, 1986
- 4) Gomes JAC, Damato AN, Akhtar M, et al: Ventricular septal motion and left ventricular dimensions during abnormal ventricular activation. *Am J Cardiol* 39: 641-650, 1977
- 5) Abbasi AS, Eber LM, MacAlpin RN, et al: Paradoxical motion of interventricular septum in left bundle branch block. *Circulation* XLIX: 423-427, 1974
- 6) Bramlet DA, Morris KG, Coleman RE, et al: Effects of rate-dependent left bundle branch block on global and regional left ventricular function. *Circulation* 67: 1059-1065, 1983
- 7) McGowan RL, Welch TG, Zaret BL, et al: Non-invasive myocardial imaging with potassium-43 and rubidium-81 in patients with left bundle branch block. *Am J Cardiol* 38: 422-428, 1976
- 8) Hirzel HO, Senn M, Nuesch K, et al: Thallium-201 scintigraphy in complete left bundle branch block. *Am J Cardiol* 53: 764-769, 1984
- 9) 松村和彦, 尾崎正治, 山岸 隆, 他: 正常冠動脈例における右室内膜ペーシング時タリウム心筋シンチの異常欠損と左室壁動態について. 核医学 24: 955-961, 1987
- 10) Nozawa T, Sasayama S, Takabatake H, et al: Usefulness of thallium-201 scintigraphy during right ventricular pacing for detecting myocardial ischemia with angiographically normal coronary arteries. *Am J Cardiol* 59: 1222-1223, 1987
- 11) Depuey EG, Guertler-Krawczynska E, Robbins WL: Thallium-201 SPECT in coronary artery disease patients with left bundle branch block. *J Nucl Med* 29: 1479-1485, 1988
- 12) Fujii J, Watanabe H, Watanabe T, et al: M-mode and cross-sectional echocardiographic study of the left ventricular wall motions in complete left bundle-branch block. *Br Heart J* 42: 255-260, 1979
- 13) Miyatake K, Okamoto M, Kinoshita N, et al:

Augmentation of atrial contribution to left ventricular inflow with aging as assessed by intracardiac Doppler flowmetry. *Am J Cardiol* **53**: 586-589, 1984

- 14) 増山 理, 上松正郎, 中真砂土, 他: 左室流入血流速動態からみた生理的ペースングの意義, 断層心エコー・ドプラー法による検討. 日本超音波医学会講

演論文集: 737-738, 1985

- 15) Gregg DE: Cardiology. In: *An encyclopedia of the cardiovascular system*, Luisada eds, McGraw-Hill book, New York, 1959, p. 2
- 16) Hess DS, Bache RJ: Transmural distribution of myocardial blood flow during systole in the awake dog. *Circ Res* **38**: 5-15, 1976

Summary

Radionuclide Study of Left Ventricular Function and Regional Myocardial Perfusion in Patients with a DDD Pacemaker

Manabu WAKAKURA

First Department of Internal Medicine, Toho University School of Medicine

In order to determine the influence of right ventricular artificial pacing on left ventricular function, particularly on diastolic specificity and regional myocardial perfusion, ^{99m}Tc multigated blood pool study and ^{201}Tl myocardial SPECT at rest were performed on 12 patients with a DDD pacemaker implanted due to atrio-ventricular block at various degrees and on 7 normal adults without pacemaker as controls. Studies were performed on the pacing group during both ventricular pacing (VP) and atrio-ventricular sequential pacing (AVSP) at a rate of 80 beats/min. Although global left ventricular ejection fraction (LVEF) showed no significant differences between the control group ($63.7 \pm 9.1\%$) and the pacing group, or between during AVSP ($57.8 \pm 9.6\%$) and during VP ($55.8 \pm 10.0\%$), global early diastolic peak filling rate (EDPFR) in the pacing group were significantly lower during AVSP (0.90 ± 0.52 counts/second/end-diastolic counts) than during VP (1.55 ± 0.52) ($p < 0.01$), which were both found to be lower than those seen in control group ($2.37 \pm$

0.48 ($p < 0.01$).

Functional images disclosed regional prolongation of left ventricular ejection time (ET) in septal and apical areas of the left ventricle adjacent to the pacing site in 7 of the 12 patients (58.3%) during AVSP and in 3 of them (25%) during VP, and also revealed regional decrease in EDPFR in the similar areas in all of the patients during both modes, being more remarkable during AVSP than during VP. On ^{201}Tl myocardial SPECT at rest, regional perfusion impairment was observed in septum, apex and the infero-posterior wall on the septal side adjacent to the pacing site in 8 of 10 patients (80%) during AVSP and in 6 of 9 patients (66.7%) during VP. These results suggest that a change in electrical conduction by right ventricular pacing may disturb regional myocardial relaxation, probably resulting in a regional impairment of myocardial perfusion.

Key words: DDD pacemaker, Multigated blood pool study, ^{201}Tl myocardial SPECT.