

DDD ペースメーカー患者  
における心肺運動負荷試験  
の有用性: Ventricular  
tracking limit 設定を低下  
させることにより運動耐容  
能増加を来した 2 例

Cardiopulmonary exer-  
cise test in patients with  
DDD pacemaker: Re-  
port of two cases with  
increased exercise capa-  
city by decreased ven-  
tricular tracking limit  
rate setting

朝隈 進  
中村 清子  
立石 順  
寺脇 一江  
西庵 克彦  
津本 定也  
小正 尚裕  
安富 栄生  
藤谷 和大  
岩崎 忠昭

Susumu ASAKUMA  
Kiyoko NAKAMURA  
Jun TATEISHI  
Kazue TERAWAKI  
Katsuhiko NISHIAN  
Sadaya TSUMOTO  
Naohiro KOMASA  
Sakao YASUTOMI  
Kazuhiro FUJITANI  
Tadaaki IWASAKI

### Summary

We reported 2 patients with complete A-V block with a DDD pacemaker whose exercise capacity was increased by decreased ventricular tracking limit rate setting (VTL) of their pacemakers. Cardiopulmonary exercise test was used for estimating exercise capacity.

Case 1: A 15-year-old girl complained of fainting. Her electrocardiogram (ECG) revealed complete A-V block (atrial rates 100/min, ventricular rates 39/min). After implantation of a DDD pacemaker and the VTL setting at 152/min, her bradycardia disappeared, however, she complained of dyspnea after a few minutes' walk. We performed symptom-limited cardiopulmonary exercise test with a motor-driven treadmill. When the pacing rate reached VTL (152/min), ECG suddenly changed to approximately 2:1 pacing (80/min) and the patient complained of dyspnea. Concomitant rapid increases in  $\dot{V}E$ ,  $\dot{V}CO_2$  and RQ suggested that dyspnea was caused by the marked change in pacing rates on VTL.

兵庫医科大学 第一内科  
西宮市武庫川町 1-1 (〒663)

The First Department of Internal Medicine, Hyogo  
College of Medicine, Mukogawa-cho 1-1, Nishino-  
miya 663

Received for publication April 16, 1990; accepted November 5, 1990 (Ref. No. 37-PS116)

With the lowered VTL (110/min), there was no rapid increase in  $\dot{V}E$ ,  $\dot{V}CO_2$  and RQ, and dyspnea subsided when the pacing rate reached VTL. At the same time, the peak  $\dot{V}O_2$  and exercise time were increased by 15% and 8%, respectively.

Case 2: A 47-year-old man complained of syncope. His ECG revealed complete A-V block (atrial rates 100/min, ventricular rates 33/min). After a DDD pacemaker implantation (VTL: 150/min), he experienced dyspnea while walking up the stairs in his office. Like in Case 1, when the VTL was lowered from 150/min to 110/min, both the peak  $\dot{V}O_2$  and exercise time were increased by 11%.

These observations indicate that the exercise capacity in complete A-V block after implantation of a DDD pacemaker can be increased by lowered VTL and that exercise test may be useful for evaluating the changes in the exercise capacity with changing VTL.

#### Key words

DDD pacemaker      Cardiopulmonary exercise test      Ventricular tracking limit rate setting

### はじめに

近年, DDD ペースメーカーは優れた生理的ペースメーカーの一つとして多くの患者に使用され, その有用性につき多数の報告が行なわれている. しかしこの治療によって長期生存例が増加し, 生活が拡大されるにつれ, 様々な問題点が明らかになってきた. その一つとして, 患者の生活の質 (quality of life) の改善という点に照らし, 運動能力の確保という重要な問題がある<sup>1)</sup>.

今回我々は, III° A-V block のため DDD ペースメーカー植え込み術を受け, 徐脈症状は消失したが, 労作性呼吸困難により運動制限を余儀なくされた症例に対し, ventricular tracking limit rate (VTL) を低下させることにより運動耐容能が増加した 2 例を経験した. またその状態の把握および効果判定に呼吸ガス分析併用によるトレッドミル心肺運動負荷試験 (cardiopulmonary exercise test) が有用であったので報告する.

### 症 例

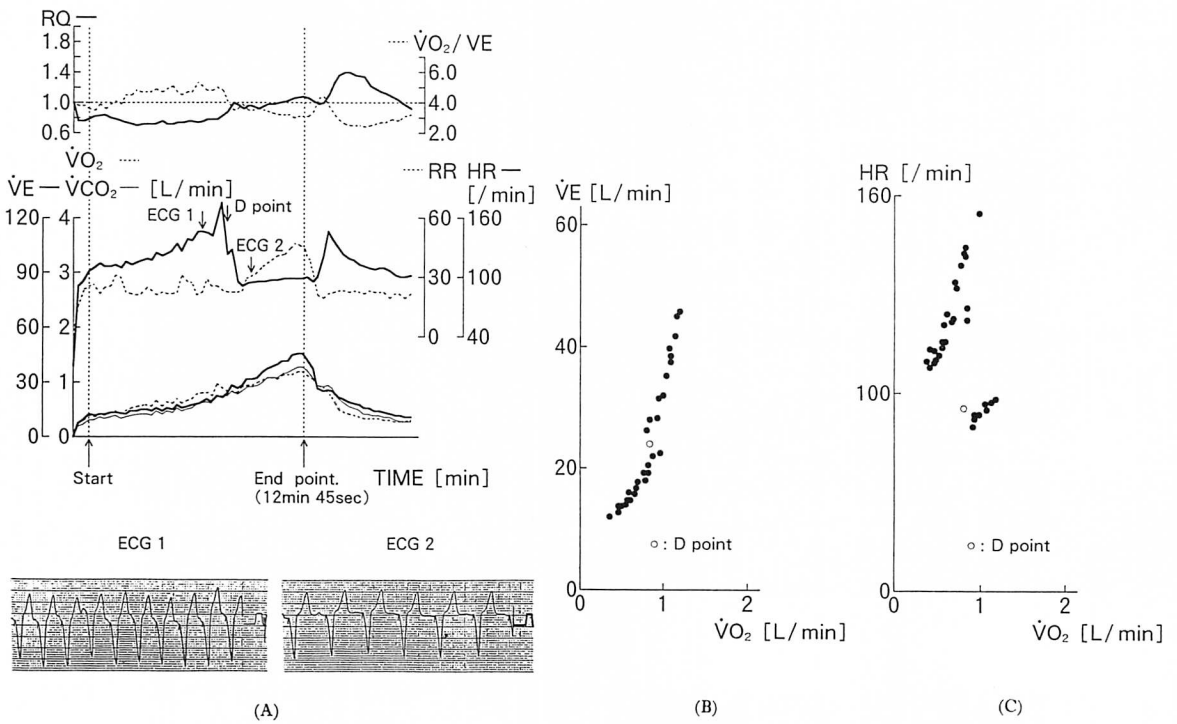
#### 症例 1: 15 歳, 女性

ふらつきと全身倦怠感を主訴として近医受診. 心電図上, III° A-V block を認めたため当科に入院した. 来院時の心電図を Fig. 1A に示す. 心房 rate 100/分, 心室 rate 39/分で, 硫酸アトロピン, プロタノールテストは陰性であった. 心筋

炎による一過性の不整脈と考え, 20 日間経過を観察したが改善せず, 第 21 病日, DDD ペースメーカー植え込み術を施行した. 術後のモニター心電図を Fig. 1B に示す. 使用したペースメーカーは, Pacesetter 製 Paragon で, pacing rate 60/分, VTL 152/分, A-V delay 200 msec, atrial refractory period 225 msec, ventricular refractory period 200 msec に設定した. ペースメーカー植え込み後徐脈症状は消失したが, 短時間の平地歩行にて呼吸困難を訴えるため, 心肺運動負荷を施行した. 負荷には 2 分毎上昇する独自の多段階負荷法を用い, 症候限性とした. 負荷中モニター心電図による心拍数 (HR) 測定, および各ステージ終了時, マンシェット法による血圧測定, および Westron 製 WSMR-1400 を使用した呼吸ガス分析を行ない, breath-by-breath に  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}CO_2$ ,  $\dot{V}E$  を測定し, これより呼吸商 (RQ),  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  曲線, HR/ $\dot{V}O_2$  曲線を求めた. 心肺運動負荷の結果は, peak  $\dot{V}O_2$  980 ml/min, 運動時間 12 分 32 秒であった. 負荷中の心電図変化は, 負荷量の増加に従い, 心房 rate (自己 P 波) の上昇, それに伴う心室 pacing rate の増加を認めたが, 心拍数が 152/分を越えた直後に心電図上ほぼ 2:1 pacing となり心拍数が 80 台に低下し, 急に呼吸困難感が出現したため<sup>2)</sup>負荷を中止した. 負荷による急峻な心拍数の増加と低運動耐容能は, 20 日間の安静臥床による deconditioning と



**Fig. 1. Electrocardiograms of Case 1.**  
A: on admission; B: after a DDD pacemaker implantation.



**Fig. 2. Cardiopulmonary exercise test before a DDD pacemaker implantation (Case 1).**

考えられたため, リハビリテーションを施行した. リハビリメニューとして, 心拍数が 140/分となる運動をトレッドミルにて毎日 30 分, 20 日間施行したが, peak  $\dot{V}O_2$  1,000 ml/min, 運動時間 12 分 45 秒と, リハビリによる運動効果は認められなかった. この時の心肺運動負荷の結果を Figs. 2A~C に示す.

心拍数が VTL を越え, 2:1 pacing となった直後 (D point), 急激な RQ の増加, HR/ $\dot{V}O_2$  曲線の右下への変移,  $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  曲線の急上昇を認め, このため呼吸困難が出現したと考えられた. これは心拍数の急激な低下 (152 から 80/分に低下) により, VTL を越える心拍数を必要とする運動では急激な末梢循環不全が出現するためと考え, 他のペースメーカー設定条件は変化させず, VTL のみ, 152 から 110/分に低下させ, 心肺運動負荷を行なった. この結果を Figs. 3A~C に示す.

心拍数が VTL を越えた時点においても呼吸困難を訴えず, 呼気ガス分析上の急激な変動も消失し, peak  $\dot{V}O_2$  1,150 ml/min, 運動時間 13 分 45 秒への増加をみ, 日常生活労作での呼吸困難感は消失した.

症例 2: 47 歳, 男性

意識消失発作を主訴に当科受診. 心電図上 III° A-V block を認めたため, 当科に入院した. 来院時の心電図を Fig. 4A に示す. 心房 rate 100/分, 心室 rate 33/分で, 硫酸アトロピン, プロタノールテストは陰性であった. 第 10 病日に DDD ペースメーカー植え込み術を施行した. 使用した pacemaker は, Intermedicus 製 Cosmos で, pacing rate 60 回/分, VTL 150/分, A-V delay 200 msec, atrial refractory period 200 msec, ventricular refractory period 200 msec に設定した. 術後の心電図を Fig. 4B に示す. その後, 徐

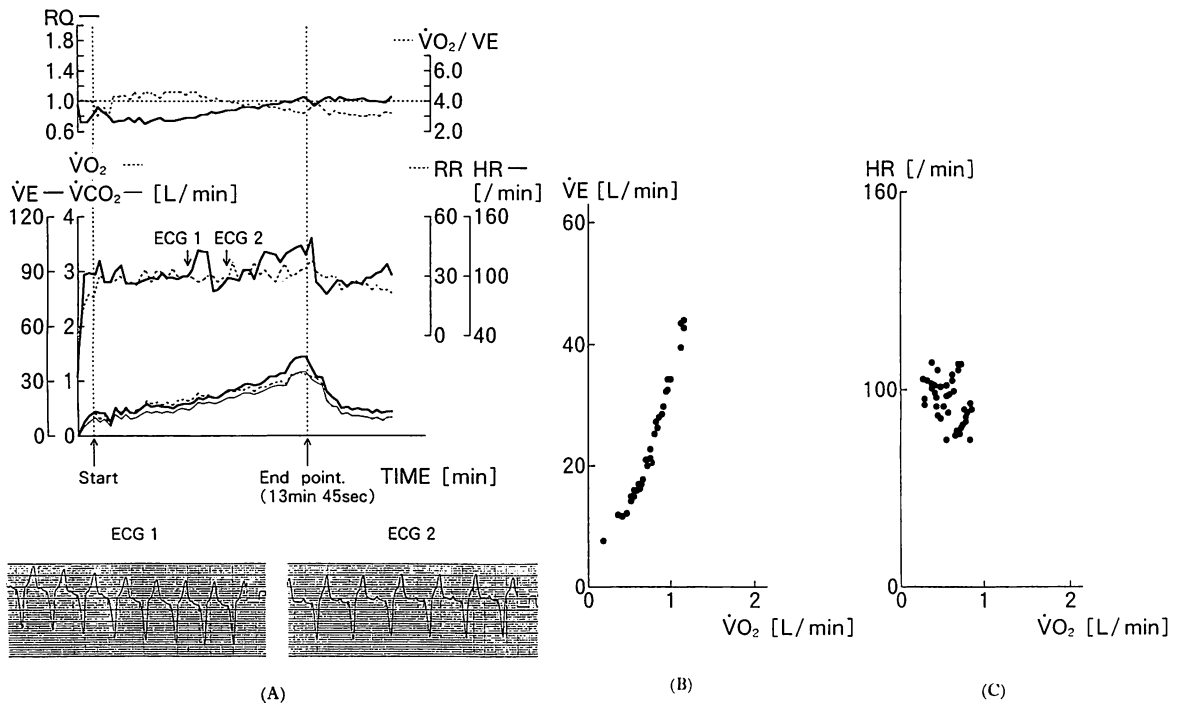
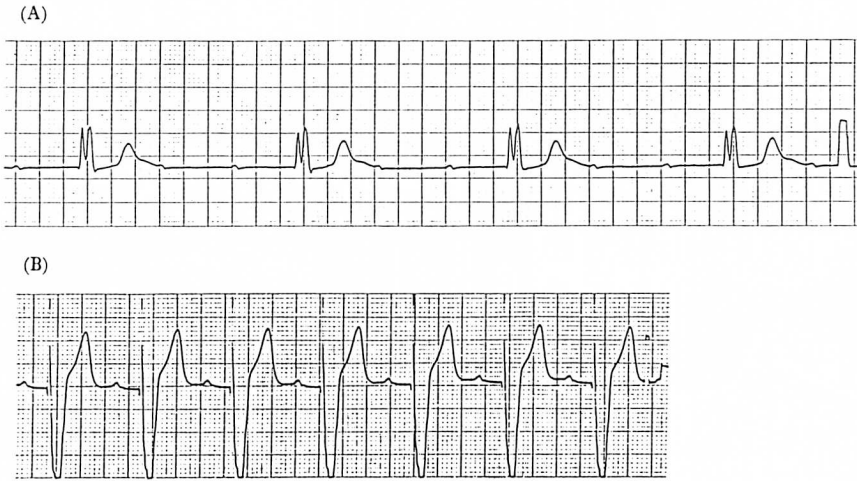
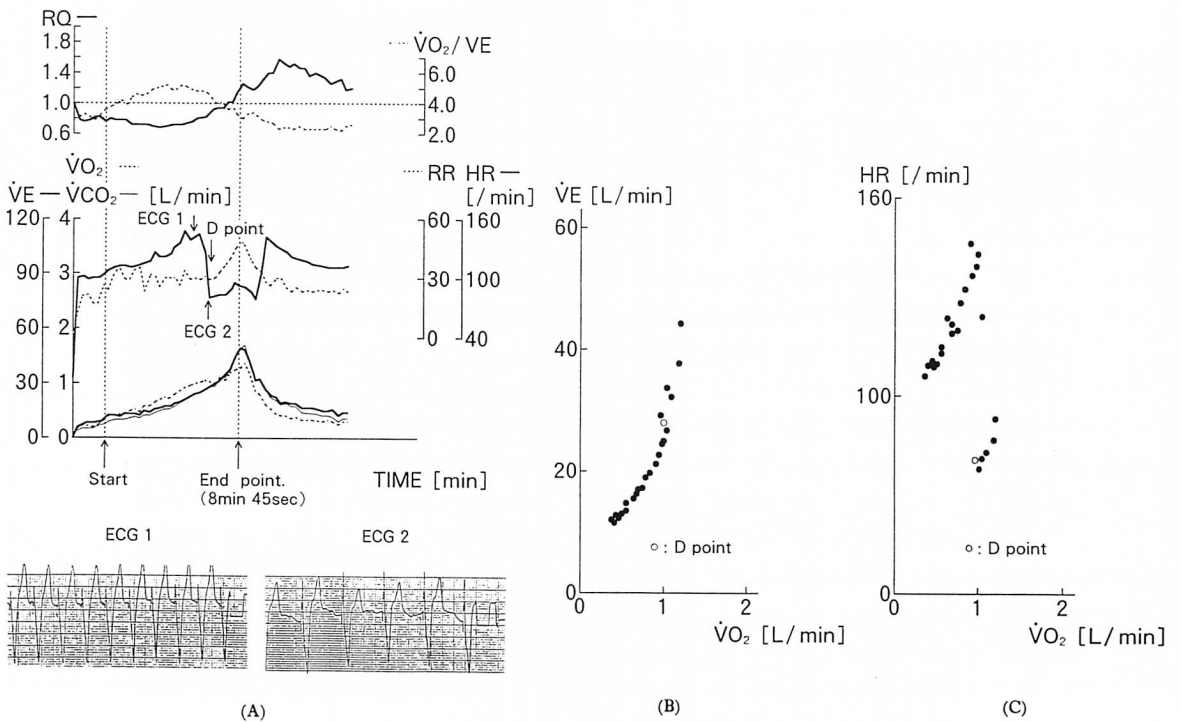


Fig. 3. Results of cardiopulmonary exercise test after a DDD pacemaker implantation (Case 1).



**Fig. 4. Electrocardiograms of Case 2.**

A: on admission; B: after a DDD pacemaker implantation.



**Fig. 5. Results of cardiopulmonary exercise test before a DDD pacemaker implantation (Case 2).**

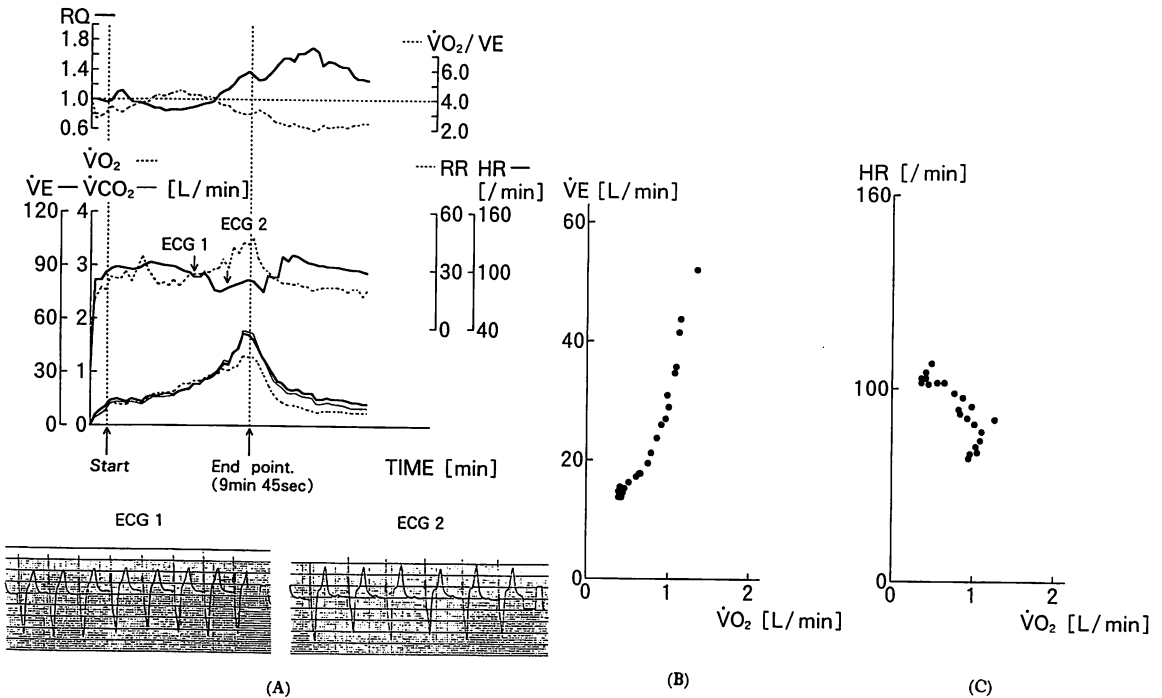


Fig. 6. Results of cardiopulmonary exercise test after a DDD pacemaker implantation (Case 2).

脈症状は消失し、第17病日に退院したが、職場復帰後、階段昇降時などの労作にて呼吸困難が出現するため、症例1同様、外来にて心肺運動負荷を施行した (Figs. 5A~C). 負荷量の増加に従い、心房 rate (自己 P 波) の上昇、それに伴う心拍数の増加を認めたが、心拍数が150/分を越えた直後に心電図上ほぼ 2:1 pacing となり、心拍数が80台に低下して、階段昇降時と同様の呼吸困難感が出現したため、負荷を中止した。Peak  $\dot{V}O_2$  は1,260 ml/min、運動時間は8分45秒であった。また呼気ガス分析結果は、症例1と同様、心拍数がVTLを越え、ほぼ 2:1 pacing となった直後 (D point), 急激な RQ の増加、 $\dot{V}E/\dot{V}O_2$  曲線の急上昇、HR/ $\dot{V}O_2$  曲線の右下への変移を認め、呼吸困難が出現していた。また、この時点の  $\dot{V}O_2$  は、1,000 ml/min (4.4 METS) であり、階段昇降に必要な推定 METS 数が 5~6 METS である

ことから、職場での呼吸困難はこのため出現していたと考えられた。次に、症例1と同様に VTL のみの設定を150から110/分に低下させて行なった心肺運動負荷の結果を Figs. 6A~C に示す。心拍数が VTL を越えた時点においても呼吸困難を訴えず、呼気ガス分析上の急激な変動も消失し、peak  $\dot{V}O_2$  は1,400 ml/min、運動時間も9分45秒と増加が認められたため、VTL 110/分の設定で帰宅、その後は階段昇降時の呼吸困難感は出現していない。

#### 考 察

DDD ペースメーカーは、AV synchrony の維持による一回心拍出量の増加、心筋収縮力増大、心房充満の低下による静脈還流の増大、房室弁逆流の防止などの有用性を持つ生理的ペースングの一つであり、その臨床効果について多くの報告が

なされている<sup>2-4)</sup>。しかし、本来、洞結節の自動能は複雑なメカニズムにより調節されており、いかに生理的なペーシングといえども、補いきれない多くの問題点を残していることも事実である<sup>5)</sup>。

今回、我々が経験した症例は、ペースメーカー植え込みにより徐脈症状は改善されたが、患者が日常生活の中で必要とする運動耐容能が確保されていないケースであった。これらの2症例は、DDD ペースメーカー植え込み後、運動耐容能確保のため、症例1ではVTLを152/分、症例2では150/分と高く設定していたにもかかわらず、労作時に呼吸困難が出現した。これらに施行した心肺運動負荷試験の結果において、運動中の心拍数はVTLを越えた時点で急激に低下した。これは、運動により脈拍が増加し、P-P間隔が設定されたtotal atrial refractory periodよりも短くなると、心房不応期に出現したP波が感作されないため、2:1以上のA-V blockが生ずるためである。このため、急激に心拍出量が低下し、活動筋が嫌気性代謝に陥り、呼気ガス分析上の変化を招いたと考えられた。これらの結果を基に、VTLを越えた後の心拍出量の低下落差を少なくし、より緩徐な循環反応を得ることを目的とし、VTLを低下させて心肺運動負荷を再度施行したところ、症例1ではpeak  $\dot{V}O_2$  が15%、運動時間が8%、症例2ではpeak  $\dot{V}O_2$  が11%、運動時間が11%増加し、運動耐容能の向上および呼吸困難感の改善が認められた。これはVTLが低くなり、ペースメーカーが保証する最大心拍数が低下したという欠点よりも、運動中の心拍数がVTLを越えた後のペースメーカーの反応およびこれに基づく循環、代謝反応がより緩徐になるという利点が優ったため、運動耐容能の改善が得られたものと考えられた。

このような問題点の解決法については、前述した方法のほかに、DDD ペースメーカーのオプション機能の一つであるrate smoothing機構の活用が挙げられる<sup>6-8)</sup>。これは運動中の心拍数がVTLを越えた後のpacing rateの低下率を自由

に変化させる機構であり、今回の症例のようなVTL前後での急激な心拍数の変化を防ぐことができると考えられ、一部のペースメーカーではオプション設定されている。

いずれの方法をとるにせよ、術後の運動耐容能の評価は重要である。今回施行した心肺運動負荷は、コンピューター技術の発達により、breath-by-breathで $\dot{V}O_2$ 、 $\dot{V}CO_2$ 、 $\dot{V}E$ などを測定できるので、運動耐容能評価、薬効の判定などに広く使用されている<sup>9)</sup>。今回同様に、VTL変更前後のペースメーカー作動に対する心肺反応状況の把握、運動耐容能評価に高い有用性を示しており、術後、徐脈症状の改善のみに満足することなく、本法による運動耐容能および心肺反応の測定が必要と思われた。

## 結 語

1. III° A-V block患者のDDDペースメーカー植え込み後、労作時の呼吸困難を訴えた2症例の運動耐容能評価を心肺運動負荷により行なった。
2. 負荷により心拍数がVTLを越えた時点で2:1 pacingとなり、呼気ガス分析結果では、この時点で急激に $\dot{V}E$ 、RQの増加と呼吸困難を認めた。
3. VTLを低下させ心肺運動負荷を施行したところ、急激な心拍数の減少が緩和され、peak  $\dot{V}O_2$ の増加、運動時間の延長が認められた。
4. 高い運動耐容能を必要とする患者では、VTLを低下させることにより急激な循環動態の変化が緩和され、運動耐容能が増加したと考えられた。
5. DDDペースメーカー植え込み術後の患者の運動耐容能評価に心肺運動負荷が有用であった。

## 要 約

III° A-V blockのDDDペースメーカー術後、労作時呼吸困難のため運動制限を余儀なくされていた症例において、ventricular tracking limit

(VTL) 設定を低下させることにより, 運動耐容能が改善し, その評価に呼吸ガス分析併用によるトレッドミル心肺運動負荷試験が有用であった 2 症例につき報告した.

症例 1: 15 歳, 女性

心電図上 III° A-V block (心室 rate 39). DDD ペースメーカーを植え込み, VTL 152/分に設定. 術後, 徐脈症状は消失したが, 短時間の平地歩行でも呼吸困難を訴えるため心肺運動負荷を施行したところ, 心拍数 (HR) が VTL に至った時点でほぼ 2:1 pacing となり, 急に呼吸困難が出現した. 呼吸ガス分析結果では, 心拍数が VTL に至った段階で急激な  $\dot{V}E$ ,  $\dot{V}CO_2$ , RQ の増加を認めた. 逆に, VTL を 152 から 110 に低下させ心肺運動負荷を行なったところ, 心拍数が VTL に至っても呼吸困難を訴えず, 呼吸ガス分析上の急激な変化が消失し, 運動時間の増加 (8%), peak  $\dot{V}O_2$  の増大 (15%) を認め, 日常生活労作で呼吸困難の出現は消失した.

症例 2: 47 歳, 男性

VTL を 120 と 150 とに変化させ運動耐容能の対比を行なったが, 症例 1 と同様, 運動時間の増加 (11%), peak  $\dot{V}O_2$  の増大 (11%) を認めた.

VTL を高く設定すると心拍数が VTL に至った直後に 2:1 pacing となるため, 急激に心拍出量が低下し,  $\dot{V}E$ ,  $\dot{V}CO_2$ , RQ の増加を伴う呼吸困難が出現したが, VTL を低くすると呼吸ガス分析上の急激な変化が消失し, これが運動耐容能増加に関与していた.

## 文 献

- 1) Ueda M, Urita R, Takada K, Hasegawa T: DDD pacing and augmentation of left ventricular work: Assessment by  $O_2$  consumption during treadmill exercise. *Cardiac Pacing* 2: 188-189, 1986
- 2) Karpawich PP, Perry BL, Farooki ZQ, Clapp SK, Jackson WL, Cicalese CA, Green EW: Pacing in children and young adults with nonsurgical atrioventricular block: Comparison of single-rate ventricular and dual-chamber modes. *Am Heart J* 113: 316-321, 1987
- 3) Dasmahapatra HK, Jamieson MPG, Brewster GM, Doig B, Pollock JC: Permanent cardiac pacemaker in infants and children. *J Thorac Cardiovasc Surg* 34: 230-235, 1986
- 4) Pitter P, Daubert C, Mabo P, Descaves C, Gouffault L: Hemodynamic benefit of a rate-adapted A-V delay in dual chamber pacing. *Eur Heart J* 10: 637-646, 1989
- 5) Kasanuki H, Ohnishi S, Tanaka E, Inaba S, Umemura J, Hirosawa K: DDD pacing: Benefits and limitation: Analysis of 170 cases. *Cardiac Pacing* 3: 483-488, 1987
- 6) 宮脇富士夫, 須磨幸蔵: DDD ペーシングの適応, 合併症, 禁忌. *日本臨床* 48: 134-140, 1990
- 7) Van Mechelen RV, Ruiter J, De Boer H, Hagemeyer F: Pacemaker electrocardiography of rate smoothing during DDD pacing. *PACE* 8: 684-690, 1985
- 8) Papp MA, Mason T, Gallastegui J: Use of rate smoothing to treat pacemaker-mediated tachycardias and symptoms due to upper rate response of a DDD pacemaker. *Clin Prog Pacing & Electrophysiol* 2: 547-554, 1984
- 9) Nishi I: A new method for multidimensional analysis of circulation and metabolism. *Med Mass Spect* 4: 235-252, 1984