

Pacemaker sound を呈した6症例

Six cases of the pacemaker sound

鈴木 房子
高橋 文行
桜井 秀彦
中田八州郎
牧野 毅
上杉 昌秀
北村 和夫

Fusako SUZUKI
Fumiyuki TAKAHASHI
Hidehiko SAKURAI
Yasuro NAKATA
Takeshi MAKINO
Masahide UESUGI
Kazuo KITAMURA

Summary

Since 1969, the artificial pacemaker has been implanted into 17 cases with various basic cardiac diseases in our clinic. Among them, 14 cases were phonocardiographically studied for the pacemaker sound. Six cases among them had a presystolic click sound identified the pacemaker sound. It appeared 5 msec after the pacing stimulus in high speed recording of PCG and the evidence was compatible with the previous reported cases. On the cause of this sound, we agree with the hypothesis that the pacemaker sound is the contraction sound of the environmental skeletal muscles which is produced by the current leakage, because the stimulation of brachial muscle by a needle electrode could make the same kind of click sound with a delay of 4 msec.

In addition, we also have obtained a late systolic high-pitched musical murmur in a case and a high-pitched ejection murmur following the pacemaker stimulus in another case. However, their origin was not clearly explained.

Key words

pacemaker sound
presystolic click sound
pacing stimulus
current leakage
late systolic high-pitched musical murmur
high-pitched ejection murmur

はじめに

ME の発展に伴い、心疾患に対し様々な機械的装置が開発されるにつれて、従来みられなかった人工的な過剰心音、および心雑音が聴取されるよ

うになった。いわゆる pacemaker sound もその一つであり、ペースメーカー挿入による過剰心音の出現についての報告が F. Nager らを初めとして多く見られるようになった。^{1)~14)} また、A.

Leatham ら¹⁵⁾ は, ペーシングによる I 音, II 音の変化について記載し, T. O. Cheng ら¹⁴⁾ はペースメーカー挿入によりおこる心音の変化として, I 音の強さの変化, I 音の奇異性分裂, IV 音聴取, ペースメーカー・クリック, 心外膜摩擦音等を挙げています。

我々は, 今回, 6 例のいわゆる pacemaker sound および内 1 例にカテーテル電極に起因すると思われる楽音様収縮期雑音, さらに他の 1 例に pacemaker sound に続き, I 音を越えて出現する強盛な粗い駆出性雑音を呈する興味ある症例を経験したので報告する。

対象および方法

1969 年以来, 当科でペースメーカー移植を実施した 18 例中, 心音図の検討を行い得た 14 例を対象とした。そのうち 6 例に pacemaker sound が得られた。これら症例のペースメーカー移植方法等は Table 1 に示す如くで, その内訳は男 2 例, 女 3 例, 年齢は 17 才から 71 才, 平均年齢は 54 才である。

全例に胸部レ線(前後, 側面像), 心電図, 心音

図, 必要により頸動脈波, 心尖拍動等を記録した。心音計は, フクダ電子製マルチチャンネルタイプ MS-80S 形, マイクロホンはクリスタルタイプ TY-301 を使用し, L, M₁, M₂, H で記録した。paper speed は 100mm/sec で記録したが, ペースメーカー刺激と pacemaker sound との時間的ずれを検討するため, 症例 1 に対しては, 100cm/sec の超高速でも記録した。心音図記録は背臥位で実施し, 心尖部, 第IV肋間胸骨左縁, Erb 領域, および必要に応じ筋収縮の認められる上腹壁, 第III肋間胸骨右縁でも記録した。その他参考誘導として, 症例により心尖拍動波や, 筋収縮のみられる部位で拍動波を記録した。記録は, ペースメーカー植込み直後より約 1 カ月に 1 度位の割合で経過を追い, pacemaker sound の変遷についても追求した。なお, pacemaker sound のメカニズム解析の一助として, 針電盤による上腕二頭筋刺激を実験的に行なって, 刺激付近の筋収縮音を記録した。また, 1 例で, ペースメーカー刺激の強さと, pacemaker sound との関係をみるため, 刺激の強さを段階的に増減して, 心音図記録を行なった。

Table 1. Cases

	Cace	Age	Sex	Diagnosis	Electrode type	Max. area	Intensity
1.	M. U.	17	F	complete A—V block ASD	unipolar endocardial	III RSB	+++
2.	K. S.	71	M	complete A—V block ASI	biopolar endocardial	Apex -- I-epigast.	+++
3.	Y. M.	53	F	complete A—V block	biopolar endocardial	Apex	++
4.	K. M.	59	F	complete A—V block	unipolar endocardial	IV LSB	+
5.	U. S.	71	M	complete A—V block	bipolar endocardial	IV LSB	+
6.	H. H.	68	F	I° A—V block	biopolar endocardial	Apex -- IV LSB	+++

症 例

症例 1 は、先天性と思われる完全房室ブロックと卵円孔開在型の ASD を有し、アダムス・ストークス発作が頻発するため、充電型ペースメーカーを移植した。単極誘導型カテーテルを右室心尖部に挿入し、ユニットおよび不関電極は右前胸壁皮下に装着した。この例では、不関電極は大胸筋側に向けた。装着直後より、右前胸壁から右上肢一部にペースメーカー作動に伴い筋攣縮が認められた。第 III 肋間胸骨左縁を中心とし、I 音直前に著明なクリック音を聴取した (Figure 1)。心音聴取不能な右上肢にても同様なクリック音が記録された (Figure 1 下段)。ペースメーカーによる刺激と pacemaker sound 出現時間とのずれをみるため行なった超高速記録では、この例では 5 msec であった (Figure 2)。I 音との間隔は 0.12 秒である。振幅に呼吸性変動はみられない。胸部レ線上、カテーテルの位置は良好であった。

症例 2 は、ASI に完全房室ブロックを合併した患者で、Medtronic 製 demand pacemaker を移植した。電極は双極カテーテルを使用し、右室心尖部に、ユニットは右前胸壁皮下に植込んだ。移植後、ペースメーカーの作動に一致して左上腹部に攣縮がみられ、呼吸が苦しくなるとの訴えがあった。心音図上、ペースメーカー刺激にほぼ一致し、I 音の 0.11 秒前に出現するクリック音が認められた。その後電池消耗に伴う発信部交換を施行したところ、聴診上、I 音が不純で幅広く、その直前にクリック様過剰心音が認められた。心音図上、pacemaker sound に続いて、高調な粗い収縮期雑音が出現した (Figure 3)。この雑音は自発心拍の時には消失している。ペースメーカー作動に一致する左上腹の拍動部でも、心尖部と同様の音が記録された (Figure 4)。この拍動曲線の立上がり、クリック音の出現とはほぼ一致している (Figure 4 上段)。なお、マグネットスイッチにより continuous pacing にしたところ、自発心収縮の不応期に刺激をおとした場合にも pacemaker sound の出現をみた (Figure 4 下段)。胸部レ線

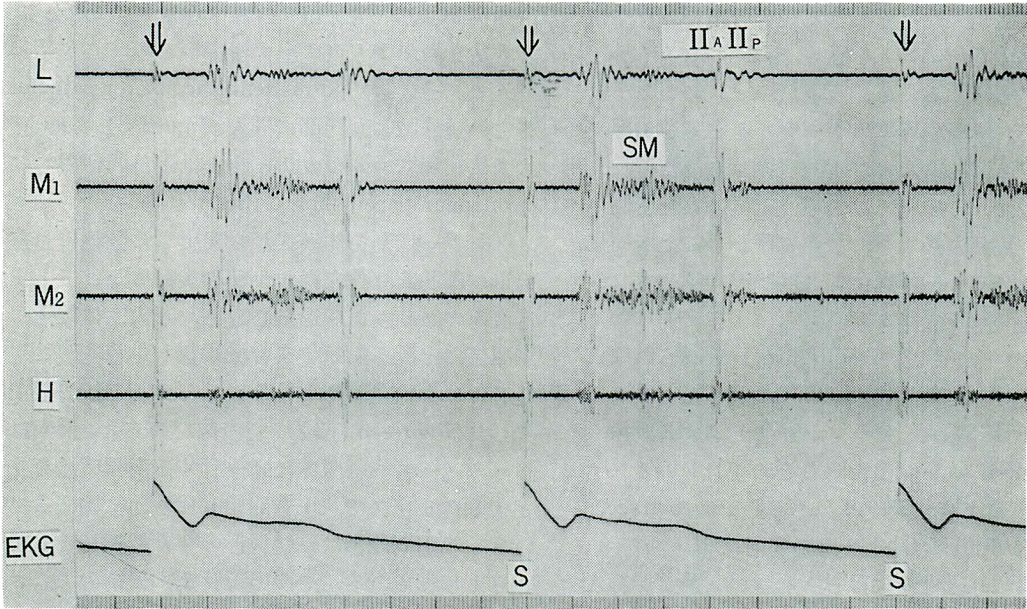
上、カテーテルの位置は変わらない。

症例 3 は、完全房室ブロックの患者である。まず大伏在静脈よりカテーテル電極を右室心尖部に挿入し、その後、permanent pacemaker catheter を右外頸静脈より同部に挿入 (Figure 5)。挿入後も大伏在静脈よりのカテーテルは 1 日間留置した。permanent pacemaker catheter を挿入し、ペースメーカー作動を体外式から変更した翌朝に、左第 III、IV 肋間胸骨左縁および心尖部にかけて、I 音直前のクリック様過剰心音と、呼吸、体位とは無関係に出没を繰返す楽音様雑音とを聴取した。後者は、大伏在静脈よりのカテーテルを抜去後消失した (Figure 5 下段)。心音図で見ると、前者はペースメーカー刺激にほぼ一致する高調成分を主とするクリックで、I 音開始 0.12 秒前に始まっている。収縮期雑音は、紡錘形の楽音様雑音としてとらえられている。その出現時期、振幅の大きさ、持続時間は様々で、一定の法則は認められない (Figure 5 上段)。心尖拍動図は、肥満のためか、心尖拍動を触知し得ず、記録し得なかった。胸部レ線上カテーテルの位置は良好である (Figure 5)。

症例 6 は、1° A-V block の患者で、アダムス・ストークス発作を有する。大伏在静脈よりカテーテル電極を右室心尖部に挿入後、I 音直前に高調なクリック音が、心尖部から Erb 領域にかけて聴取された。同時に、ペースメーカー作動に伴い、第 5 肋間鎖骨中線上の肋間筋の攣縮が認められた。本例で、刺激電圧の強さと pacemaker sound との関係を見るため、刺激の大きさを 4.5V、3.5V、1.5V の 3 段階で心音記録を行なった。刺激電圧の強さに比例して pacemaker sound は強盛となり、1.5V では認めなかった (Figure 6)。

次に、Figure 7 のシエマの如く、健康人の上腕二頭筋に 2 本の針電極を挿入し、ペースメーカー刺激を加えてみた。2 本の電極間隔は 5cm である。2.5V の電気刺激を加えたところ、刺激に一致して針電極刺入部付近に筋攣縮が認められ、その周辺で、pacemaker sound と全く同様なクリック音が記録されている。筋肉を刺激してから

3 LSB



r-Upper arm

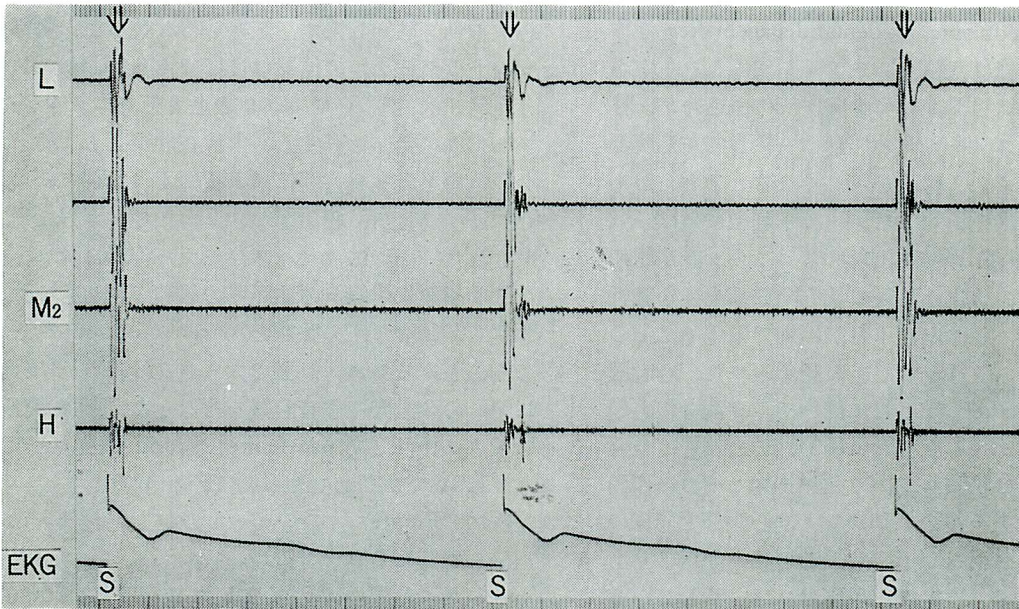


Figure 1. Case 1. ASD with complete A-V block, M.U., 17 yrs., female.

Unipolar endocardial pacing electrode is set in the right ventricle and indifferent electrode is implanted in the right chest wall.

The upper panel shows the presystolic click sound recorded at the third intercostal space of the left sternal border. The lower panel shows the same sounds obtained over the right upper arm.

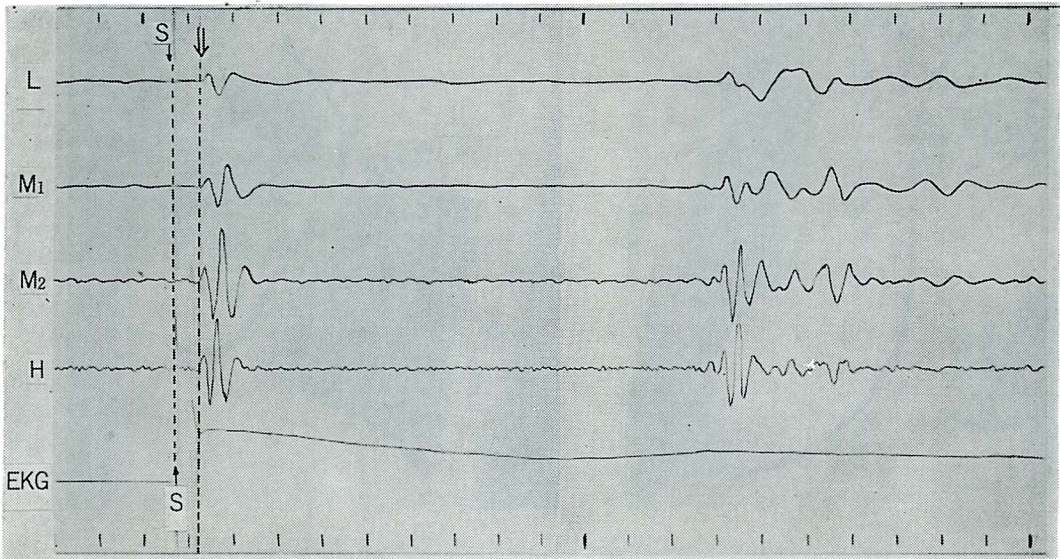


Figure 2. High-speed recording of PCG (paper speed 1000 mm/sec) shows the extra-sound followed a pacemaker stimulus (S) by 5 msec delay.

The extra-sound synchronized with intercostal muscle contraction. Same patient as in Figure 1. Apical PCG.

収縮開始までの時間は、超高速記録の結果では、4 msec であった (Figure 8).

考案

pacemaker sound は、1965年、F.Nager ら¹⁾により報告されて以来、多くの報告に接する。その主なものは Table 2 の如くである。その発生源について、当初 F. Nager ら¹⁾は心収縮の不応期には出現しないことより心筋由来とした。しかし、A. Harris²⁾、W.F.Kluge ら⁷⁾により、心室収縮不応期にも pacemaker sound の存在を認めること、右室心腔内では記録されないこと²⁾、神経筋遮断剤を使用して消失させ得ること²⁾等より、現在では、一応、心外性と考えられている。私達の経験した症例 2 および 6 でも、心室収縮の不応期に pacemaker sound は存在することより、一応、心外性と考えている。ペースメーカー刺激から pacemaker sound 出現間隔は、諸家の報告では 4~6 msec であり、我々の症例でも 5 msec という値を得た。この値、即ち、電気刺激から収縮

までの時間は、心筋、内臓筋にしては早過ぎ、骨格筋のものとして妥当であると思われる。^{6) 7)} pacemaker sound は、A. Harris 以来、肋間筋を初めとする胸筋群、横隔膜等が、ペースメーカー刺激により収縮して生ずる muscle sound と考えられており、筋肉収縮をおこす機序としては、カテーテルからの電流漏出とみなされている⁴⁾。どの筋肉の収縮がおこるのかは、カテーテル先端の位置、不関電極の位置により影響されると思われる¹⁰⁾。症例 1 のように、不関電極を右大胸筋側に向け皮下に植込んだ場合、筋肉収縮は、不関電極下の右大胸筋に強くみられ、この動きにつれ、右肩、右上肢等の筋攣縮も認められている。心筋内穿通の疑われる症例 2 では、左上腹部に、ペースメーカー刺激にほぼ一致して収縮がみられている。

次に pacemaker sound と I 音との関係でみると、従来の報告では 0.08~0.12 秒に認められるとされている。我々の例では 0.10~0.13 秒に認められ、聴診上、クリック音あるいは、I 音の不純な感じとして聴取されている。なお、心尖拍動図

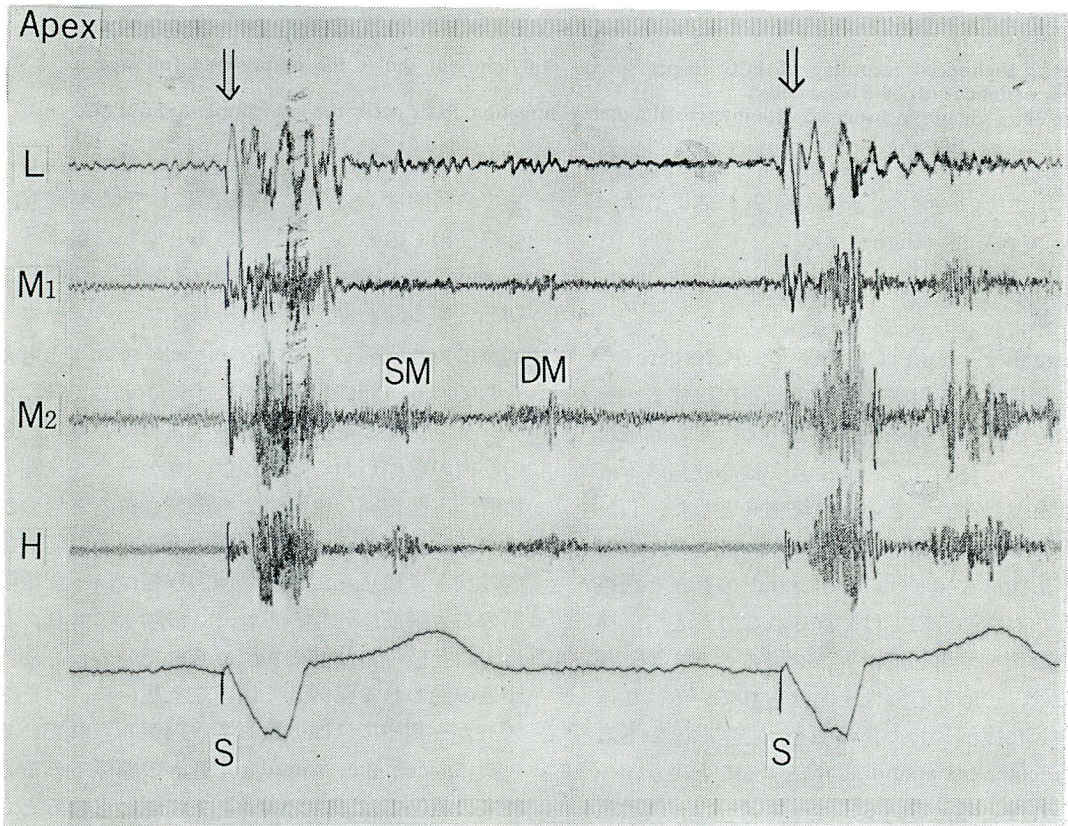
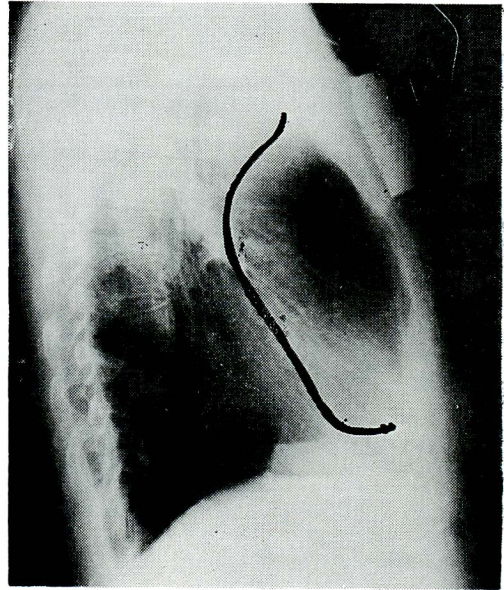
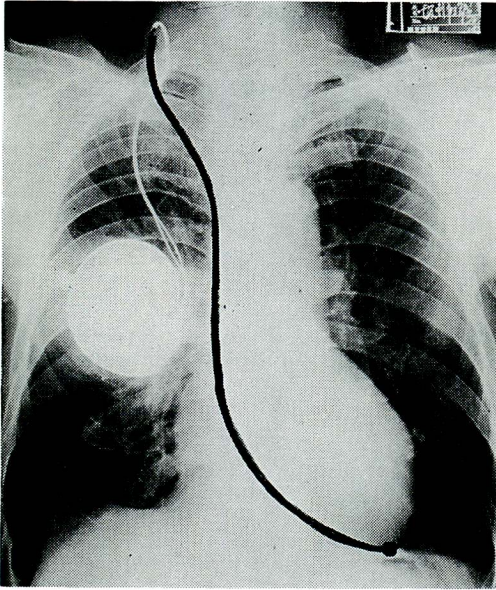


Figure 3. Case 2. ASI + complete A-V block, K.S., 71 yrs., male.

Posteroanterior and lateral chest X-ray films show the situation of an electrode catheter.

In the PCG record, high-pitched presystolic murmur with diamond-shape seems to be following immediately after the pacemaker sound.

I-Hypochondrium

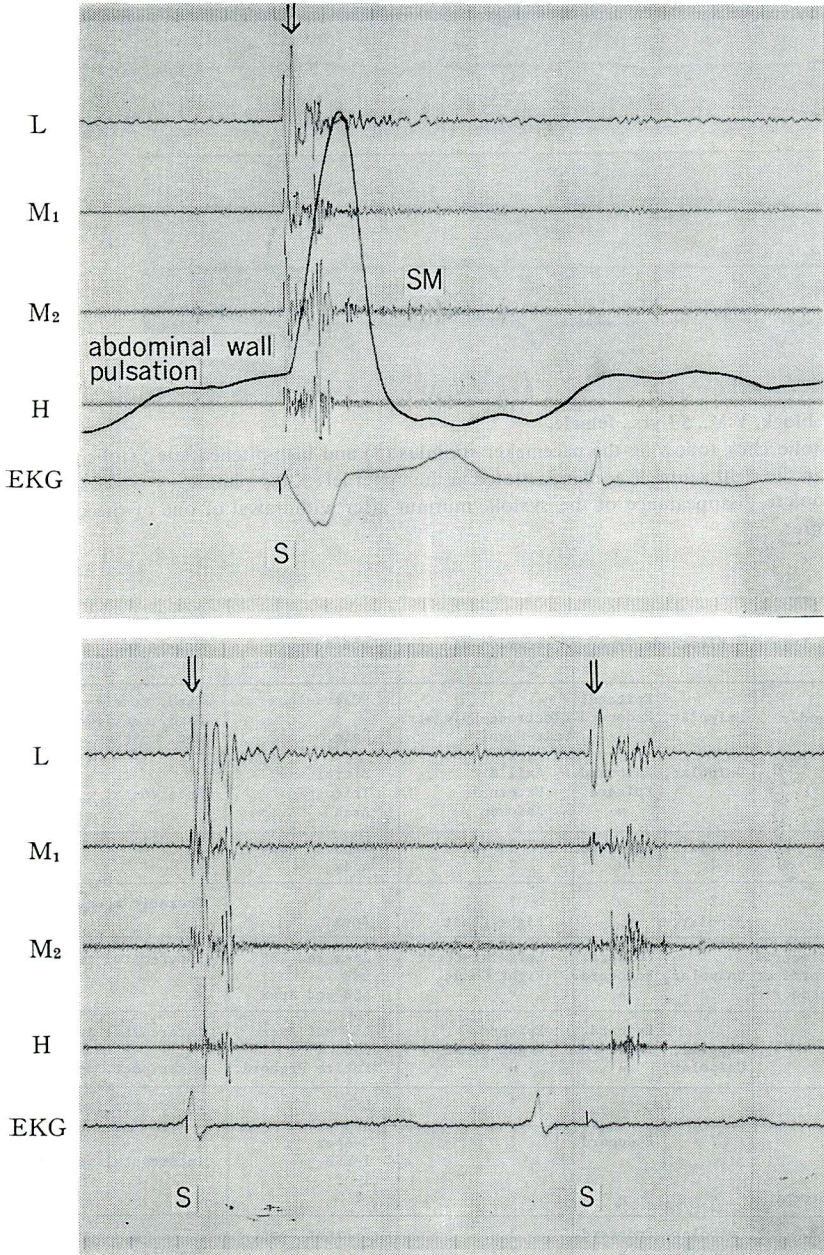


Figure 4. Case 2. ASI + complete A-V block, K.S., 71 yrs., male.

The upper panel shows outward movements recorded at the left hypochondrium. The pulsation curve coincides with the pacemaker sound.

The lower panel shows that the extra sound (arrow mark), even if followed after the pacemaker impulse, hits the refractory period of ventricular contraction.

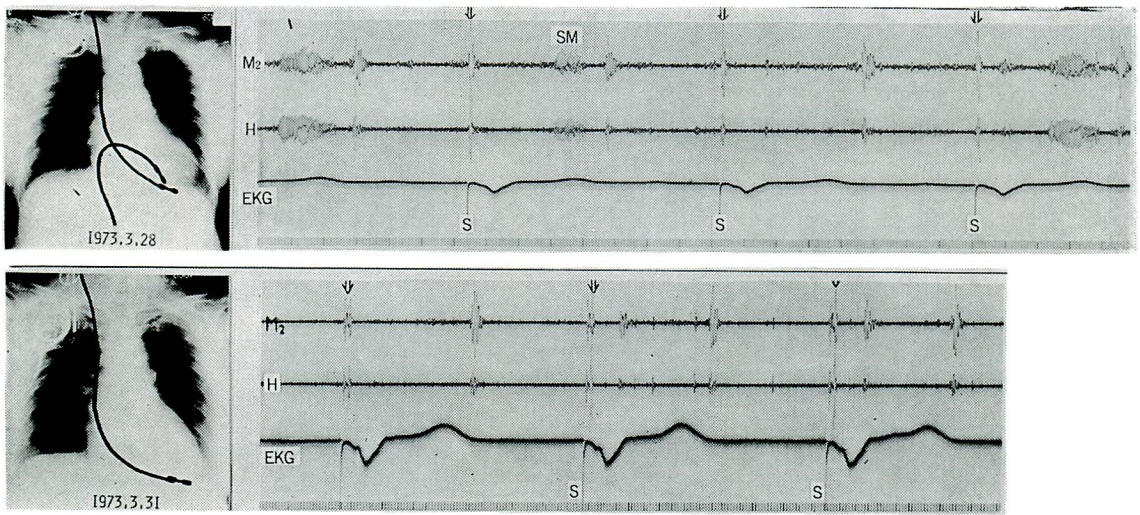


Figure 5. Case 3. Complete A-V block, Y.M., 57 yrs., female.

The upper panel shows presystolic click following the pacemaker stimulus (S) and high-pitched late systolic murmur when two catheters were inserted in the right ventricle as demonstrated in the upper left X-ray picture.

The lower panel shows a complete disappearance of the systolic murmur after withdrawal of one of the catheters shown in the lower left X-ray picture.

Table 2. Reported cases

Reporter	Case	Pacemaker Type	Electrode Type	Location of Pacer Unit	Location of Pacemaker Sound	Origin of Pacemaker Sound
Nager et al (1965)	11 7	Elema -Schölander	Unipolar, Epicard. Endocard.	? Electrode-Epigastr. Unit-Navel	9Cases-Apex Epig.	Card. muscle Card. muscle or Abd. muscle
Harris (1967)	4 1 1	? ? ?	Unipolar, Endocard. Epicard. "	Axilla External Abdomen	Mitral and Tricuspid Area	Intercostal muscle
Murdock (1968)	1 1	Medtronic Cordis	Bipolar, Endocard. ?, "	? ?	Xiphoid and Apex	"
Mower(1969)	10 2	? Medtronic	?, " Bipolar, "	? Right Chest	? Apex	Thoracic musculature
Kluge(1970)	1 2 1	General Electric Cordis Ventricor Cordis Ectocor	Unipolar, Epicard. Endocard. ?, "	Left lat-Chest Right Chest "	Apex and LSB LSB LSB and Apex	Intercostal muscle
Kramer et al (1970)	1 1 1	Medtronic	Bipolar, Epicard. Endocard. Unipolar, "	Epicard Right Chest "	LSB and Apex LSB Entire Precord.	Intercostal muscle Right pect. muscle
Pupillo(1970)	1	?	?	?	LSB	Intercostal muscle
Korn et al (1970)	3 4	Medtronic Cordis Ectocor	?, Endocard. ", "	? ?	1-Apex 1-LSB 1-? ?	Intercostal muscle
Grendahl et al (1971)	10 2 1	Cordis Medtronic Atriacor Cordis	Unipolar, Endocard. Bipolar, " Epicard..	? ? ?	2-Right Pect. ? ?	Muscular
Misra et al (1971)	2	Medtronic	?, Endocard.	?	?	Diaphragma
Gaidula et al(1972)	1	"	Bipolar, "	Right Chest	Entire Precord.	"
Schluger et al(1972)	1.	Medtronic	Bipolar, Endocard.	Right Chest	Left Hemithorax	"

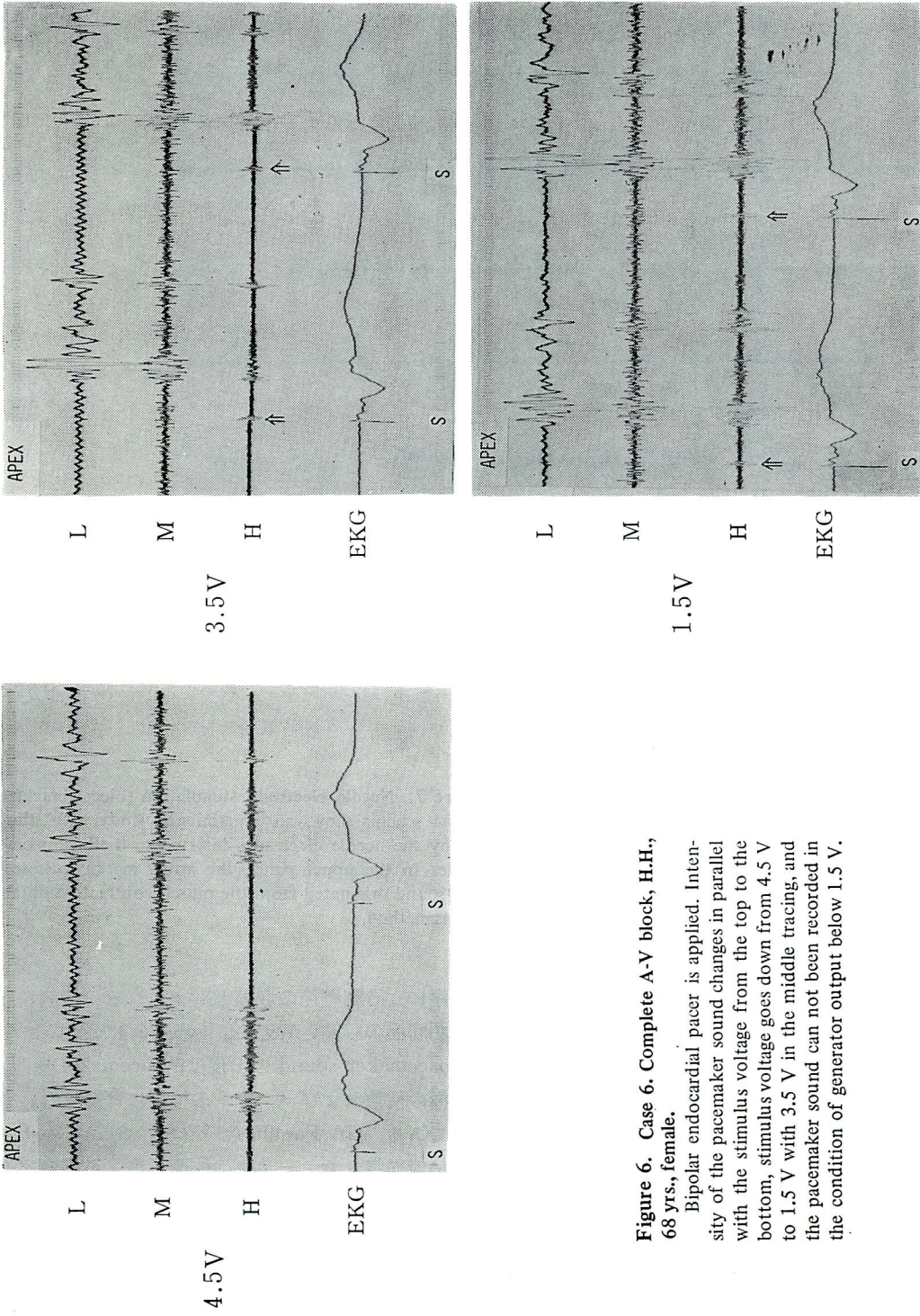


Figure 6. Case 6. Complete A-V block, H.H., 68 yrs., female.

Bipolar endocardial pacer is applied. Intensity of the pacemaker sound changes in parallel with the stimulus voltage from the top to the bottom, stimulus voltage goes down from 4.5 V to 1.5 V with 3.5 V in the middle tracing, and the pacemaker sound can not be recorded in the condition of generator output below 1.5 V.

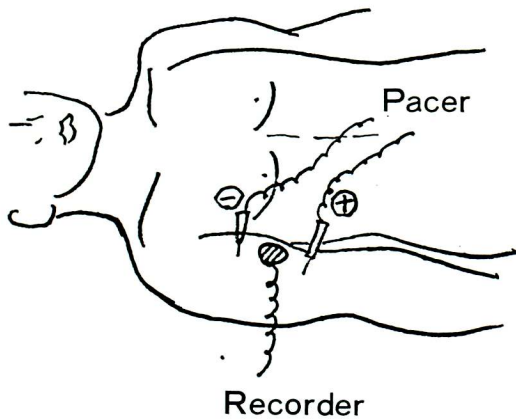
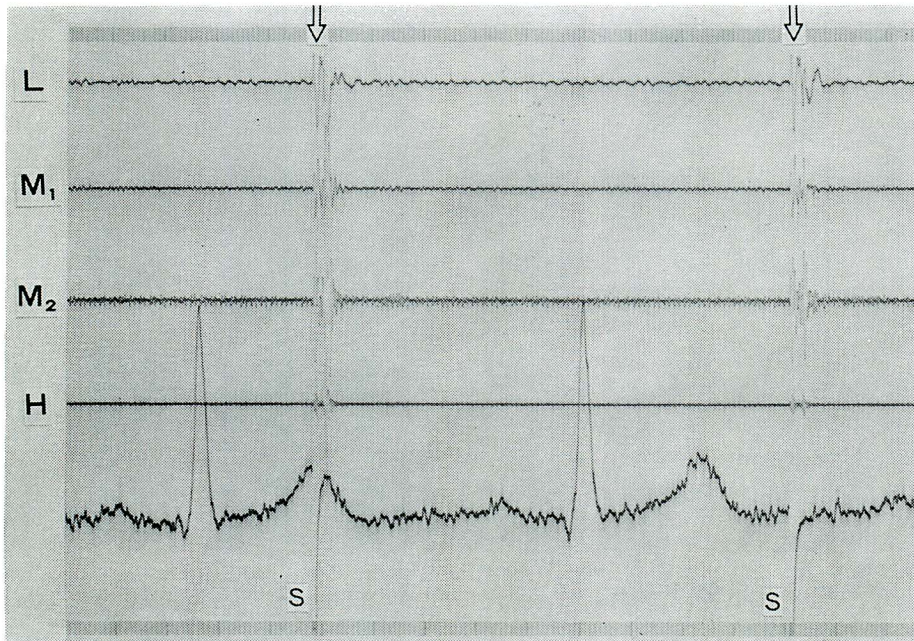


Figure 7. Needle electrode stimulation (biceps brachialis).

The schema shows an experimental study with stimulation by the needle electrodes inserted to the biceps brachii muscle. In the upper panel, the arrow marks indicate the extra-sound originated from the muscle contraction obtained by this method.

では, 症例 1 は立ち上がりの early systolic movement に一致した. 症例 2 では, 腹壁上の拍動曲線の立ち上がりとはほぼ一致して出現していることより, この例では, pacemaker sound の由来は横隔膜と考えた. 症例 1 の pacemaker sound は, 心内のカテーテル先端と右前胸壁の不関電極間, あるいはカテーテルとユニットとの間で, 何らかの電流漏出があり⁶⁾, そこからの刺激で筋収縮がおり, 筋収縮音を発していると思われる. 症例 3, 4, 5 では筋肉収縮は認められないが, 同様の機

序による胸壁筋の収縮と考えられる. 症例 6 は, 肋間筋の収縮と考えた. Table 2 に示すように pacemaker sound の出現は, pacemaker 機種, 電極の種類およびユニットの位置には関係ないようである. GA Pupillo ら⁸⁾⁹⁾ は, ペースメーカーの機能異常 (カテーテルの位置不良, 心筋内穿通) を示すとしているが, 機能異常を示したという報告は MM Mower ら⁵⁾ の症例にもあるが少ない. 我々の症例 2 では右心室造影はしていないが, 心筋内穿通も考えられる. しかし, 植替え後も順調

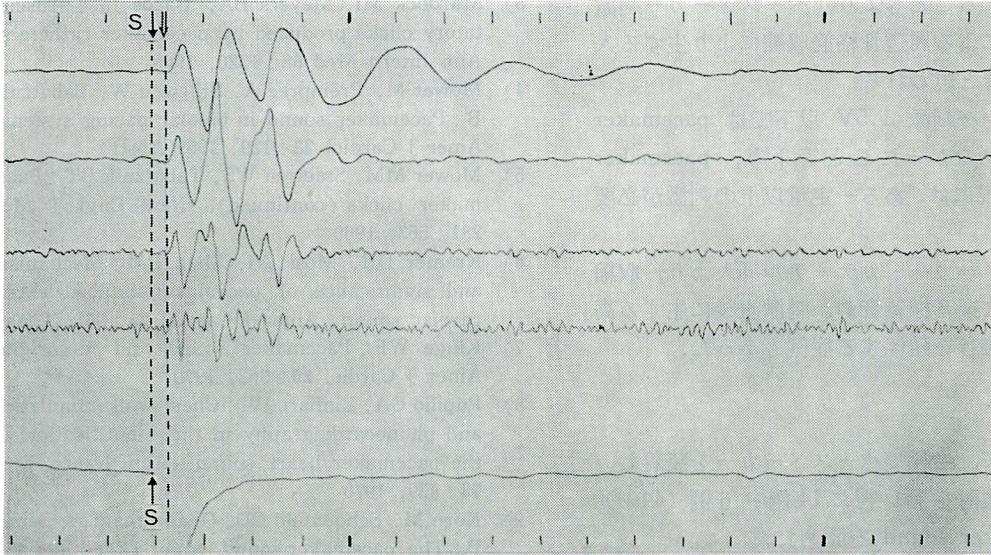


Figure 8. High-speed recording shows the time interval between the stimulus by needle electrode and the onset of the sound produced by the contraction of biceps brachii muscle to be 4 msec.

な経過をたどっている。

以上述べてきた如く、我々は、pacemaker sound は、心室収縮不応期にも得られたこと、上腕二頭筋の刺激によっても、発生時期、波形等類似の音を得られたこと、pacemaker sound の得られる部位に筋肉収縮をみる例の多かったこと等より、ペースメーカー・カテーテルからの電流漏出による骨格筋収縮に由来する筋収縮音と考えた。なお、pacemaker sound の出現率は、諸家の報告¹⁾⁶⁾では 15~80% と幅広いが、我々の結果では 44% であった。このように、症例により pacemaker sound を欠如するのは、症例 6 に試みた如く、刺激電圧の大きさも関与しているものと思われる。

次に症例 3 にみられた収縮期雑音はカテーテル挿入に由来する三尖弁性雑音として、GH Nachnani により報告されている¹⁶⁾。カテーテル引き抜きにより雑音が消失し、収縮後半のクリック音を伴うことが特徴としてあげられている。我々の症例と類似しているが、雑音は 2 本のペースメーカー・カテーテル挿入時のみ認められた点が異なり、心腔内で生じた人工的な楽音様雑音と思われ

る。

また症例 2 に認められた駆出性の高調な雑音は、ペースメーカー再移植後に初めて出現したもので、ペースングにより生じた雑音であるが、その成因は不明である。

以上、pacemaker 装着後にみられた過剰心音および心雑音症例につき報告したが、その成因などについては、今後さらに検討を重ねていく予定である。

結 語

- (1) 1969 年以来、当科で施行したペースメーカー移植例中、14 例に心音図学的検討を試み、内 6 例 (44%) に pacemaker sound を認めた。
- (2) pacemaker sound は、ペースメーカー刺激から 5msec 遅れて出現し、低音域の振動を主とするが、高調成分も含み、比較的聴取し易い過剰心音である。
- (3) pacemaker sound は、心室収縮不応期にも得られたこと、電気刺激と pacemaker sound 出現との間隔が平均 6msec で、心筋由来のもの

しては早過ぎること等より, ペースメーカー刺激の電流漏出による周辺骨格筋収縮により生ずる人工的過剰心音と思われる。

(4) ペーシング刺激 1.5V 以下では pacemaker sound を認めなかったこと等より, pacemaker sound の出現には, ある一定量以上の刺激が必要である。

(5) ペースメーカー・カテーテル挿入より, 収縮後期の高調な楽音様雑音や, 刺激直後に生ずる高調な駆出性雑音を随伴する症例もあった。

要約

1969年以来, 当科でペースメーカーを装着し, 心音図学的検討を行い得た 14 例中 6 例 (44%) に, pacemaker sound を認めた。

pacemaker sound は, ペースメーカー刺激から 5msec 遅れて出現し, その成因については, ペースメーカー刺激の電流漏出による周辺骨格筋収縮により生ずる人工的な過剰心音と思われる。

なお, ペースメーカー・カテーテル挿入時, 1 例に, 収縮後期性の高調な楽音様雑音や, 他の 1 例に, 刺激直後より生ずる高調な駆出性雑音を認めた。

文献

- 1) Nagel F, Buhlmann F, Schaub F, Schwarz H, Senning A: Auskultatorische und kardiographische Befunde bei Patienten mit implantiertem elektrischem Schrittmacher. *Klin Wschr* **43**: 1232, 1965
- 2) Harris A: Pacemaker heart sound. *Brit Heart J* **29**: 608, 1967

- 3) Murdock MI, Meyers BA, Bacos JM: Auscultatory clicks produced by pacemaker catheters. *Ann Intern Med* **68**: 1320, 1968
- 4) Mower M, Prempre A, Staewen W, Tabatznik B: Pacemaker sound in bipolar pacing systems. *Amer J Cardiol* **23**: 129, 1969(Abstr)
- 5) Mower MM, Staewen WS, Tabatznik BT: Pacemaker clicks (continued). *New Engl J Med* **281**: 563, 1969
- 6) Kramer DH, Moss AJ, Shah PM: Mechanism and significance of pacemaker-induced extracardiac sound. *Amer J Cardiol* **25**: 367, 1970
- 7) Kluge WF: Pacemaker sound and its origin. *Amer J Cardiol* **25**: 362, 1970
- 8) Pupillo GA, Linhart JW: Chest-wall stimulation and phonocardiography in the identification of the pacemaker heart sound. *Ann Intern Med* **73**: 439, 1970
- 9) Korn M, Schoenfeld CD, Ghahramani A, Samet P: The pacemaker sound. *Amer J Med* **49**: 451, 1970
- 10) Grendahl H, Rasmussen K: Pacemaker sound due to stimulation of thorax muscles by cardiac pacemakers. *Acta Med Scand* **189**: 125, 1971
- 11) Misra KP, Korn M, Ghahramani AR, Samet P: Auscultatory findings in patients with cardiac pacemakers. *Ann Intern Med* **74**: 245, 1971
- 12) Gaidula JJ, Barold SS: Diaphragmatic origin of the pacemaker sound. *Chest* **61**: 195, 1972
- 13) Schluger J, Wolf RE: Sound caused by diaphragmatic contraction resulting from transvenous cardiac pacemaker. *Chest* **61**: 693, 1972
- 14) Cheng TO: Heart sounds in patients with cardiac pacemaker. *Chest* **62**: 66, 1972
- 15) Haber E, Leatham A: Splitting of heart sounds from ventricular ectopic beats and artificial pacing. *Brit Heart J* **27**: 691, 1965
- 16) Nachnani GH, Gooch AS, Hsu I: Systolic murmurs induced by pacemaker catheters. *Arch Intern Med* **124**: 202, 1969

討 論

司会 (上杉): 最近では pacemaker sound をご経験されている先生方が沢山いらっしゃると思うのですが……。

町井 (三井記念病院循環器センター): 楽音性雑音のことについてですが, 私たちが経験するの

は, たいてい transient に細いカテーテルを下肢から入れたときに, よくああいう短かい murmur が出てまいります, Medothoronic の太いカテーテルのときにはそういう雑音が出た経験がございません。ですからあれは どうもカテーテルが

outflow に横に横たわるようになって振動しているためのものじゃないかと思っておりますけれども……。

司会：町井先生，心内心音をおとりになった経験はございますか。

町井：心内心音はとっておりません。

司会：pacemaker sound はいまさらそう目新しいものではございませんで，Luisada の textbook にも載っているくらいですけれども，いま

までの報告を見ますと，わりかしその成因は簡単に考えられていて，当然，異物を入れるし，電気的な stimulation はしているし，出るのは当然ということであるんですけれども，そういう全く人工的な刺激でもって心音類似の音が出てくるというような点は面白いと思いますし，またなぜか本邦では報告例が少ないということで，今日報告させていただいたわけでございます。