

GYG ライブラリー  
ペースメーカー入門  
Introduction to the Artificial Pacemaker

久留米大学客員教授 時政孝行

はじめに

続よくわかる心電図 ver.2.1 のダイジェスト版を九州大学出版会から刊行したのに伴い元本の内容を一部削除し、バージョンを 2.1 から 2.2 に変更しましたが、今回は第 7 章を「ペースメーカー入門 ver.1.0」として分離独立させました。

目次

- 第 1 部 ペースメーカーの基礎知識
- 第 2 部 主なペーシングモード
- 第 3 部 症例集（初級編 2 例）

## 第1部 ペースメーカーの基礎知識

### 第1節 ペースメーカーとは

心臓は規則正しく拍動し体中に血液を循環させるポンプですが、収縮部隊（筋肉）と収縮に規則正しさを与えるための指揮命令系統（刺激伝導系）を持っています。通常は洞結節が毎分 60-70 回の頻度で命令しますが、洞結節の機能が損なわれると房室結節がピンチヒッターとして命令し始めます。命令頻度は毎分 40-50 回に下がります。もし何らかの原因で房室結節の機能も損なわれてしまうと、最後の切り札として下位の組織（ヒス束～心室筋）が歩調取りを開始します。しかし、最も重要なポイントはその頻度が毎分 20-40 回にまで低下することで、これは非常事態です。このような事態にお助けマンとして適応されるのがペースメーカーです。人工臓器としての「ペースメーカー」はより正確には「人工ペースメーカー」と表記すべきです。しかし、混乱を招く恐れのない状況下では簡便のため「ペースメーカー」=「人工ペースメーカー」として用います

## 第2節 ペースメーカーの外見

ペースメーカーはペースメーカー本体とリードから構成されます（図 7.2）。本体は電子回路とリチウム電池、および収納ケースから成り、前胸部皮下に埋め込まれます。収納ケースは缶詰と同じ意味で缶 can と呼ばれます。リチウム電池の寿命は 5~15 年。機種（機能）の表記には NBG コードを使用します（後述）。英語では、リード全体を「lead」、刺激パルスを発生させる電極を「electrode」と区別しますが、日本語では両者とも「電極」と表記する傾向があるので注意が必要です。

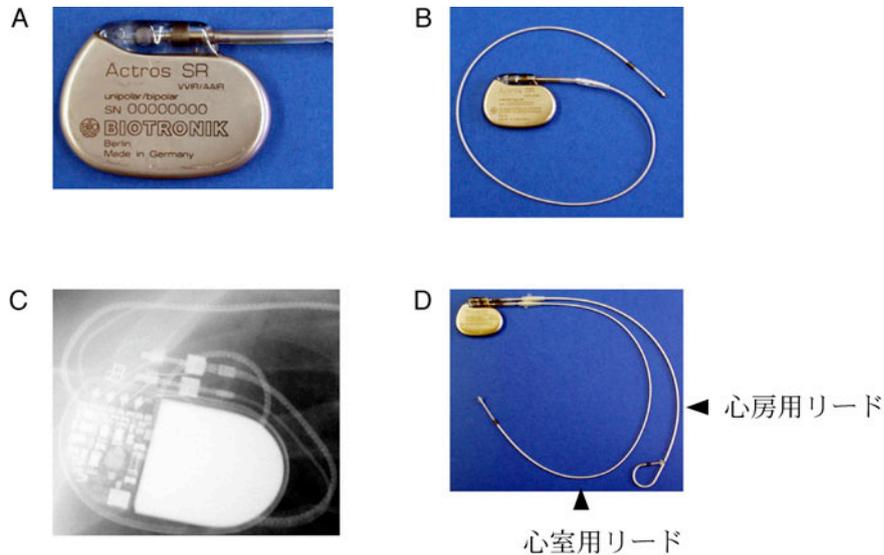


図 1-2-1 : ペースメーカーの外見（図 ID555-70-020）

実物写真（A、B、D）とX線写真（C）。リードの数は1本（B）と2本（D）の場合があり、目的に応じて使い分けます（後述）。

### 第3節 チェンバー

チェンバー (chamber) は、チェンバー・ミュージック (chamber music) が室内楽を意味することからもわかるように、一般的には部屋とか会議室とかを意味します。しかし、医学・解剖学では小室 (例、心臓の心室) や房 (例、心臓の心房) を意味します。また、ペースメーカー領域では --- 心房や心室を --- ペーシングする、あるいはペーシングするものという意味にも転じます。具体的には、心房・心室どちらか一方のみをペーシングする場合をシングルチェンバー (図 1-3-1a、b)、両方の場合をデュアルチェンバー (図 1-3-1c) など。

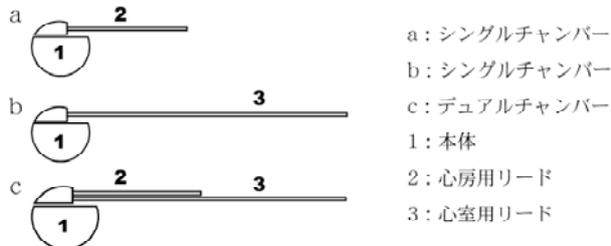


図 1-3-1 : チェンバーの模式図 (図 ID444-60-050)

上 2 段がシングルチェンバー、最下段がデュアルチェンバーです。

#### 第4節 刺激電極

ペースングには単極刺激システムと双極刺激システムがあります(図1-4-1)。単極刺激では、リード先端の電極を陰極(マイナス極)、ペースメーカー本体を陽極(プラス極)として両極間に電気を流します。双極刺激ではリード先端の2つの電極間で通電します。通常は遠位極が陰極(マイナス極)で、それより25mm近位に陽極(プラス極)が配置されます。それぞれの利点と欠点については後述しますが、双極にするとリードの構造が複雑になりその分だけ高価になります。心房リードはその先端の形状から「Jリード」と呼ばれます(図1-4-2)。リードの先端には固定用の工夫が凝らしてあります。代表的な形状を図1-4-3に示します。

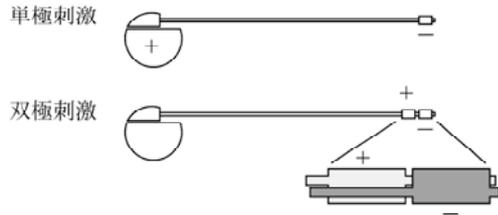


図1-4-1：刺激電極の模式図(図ID444-60-060)



図1-4-2：Jリード(図ID444-60-023)



図1-4-3：代表的なリードの先端(図ID444-60-030、444-60-031)  
タインド(上)とスクリーイン(下)

### 第5節 ペースメーカーの胸部X線像

図1-5-1にシングルチェンバー症例の胸部X線像とその模式図を示します。リードは1本で、その先端は右心室（RV）の最深部に固定されています。リード先端と周囲組織との癒合が不十分で、リード先端が「はずれ」かかることがあります。極端な場合にはリード先端が心腔内に浮遊するケースもあります。このような不具合をディスロジ（dislodge）と表現します。当然、ペースング不良～不能になります。

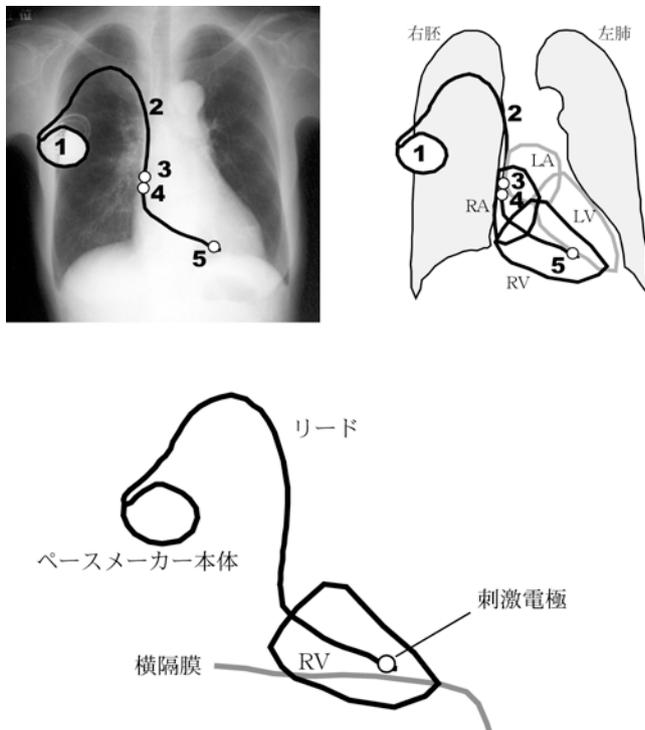


図1-5-1：ペースメーカー症例の胸部X線写真とその模式図（図ID444-60-040）

アラビア数字の1はペースメーカー本体、2はリード、3-4は感知電極、5は刺激電極を表します。LA、RA、LV、RVはそれぞれ左心房、右心房、左心室、右心室の意味。

## 第6節 ペースメーカー手帳

ペースメーカー植え込み術を受けた患者にはペースメーカー手帳が交付されます。手帳には重要な情報が記入されていますので、主治医は患者入院後直ちに本人、或いはその家族からペースメーカー手帳をみせてもらい、手帳に記入された埋め込み日と基本レート（ベーシックレートとも呼ばれます）を確認後、脈を測って、脈拍数 $\geq$ 基本レートであることを確認しなければなりません。

手帳に記入された情報（例）

- |             |                              |
|-------------|------------------------------|
| 1) 植え込み日    | 1995.7.12                    |
| 2) 基本レート    | 60ppm (ppm=pulse per minute) |
| 3) 機能       | VVI                          |
| 4) 心室用電極種類  | 双極                           |
| 5) マグネットモード | 90ppm                        |

基本レートに関する注意事項

以下のように少なくとも8種類の呼び方（同意義語）があるので注意しましょう。

- 基本レート (= ベーシックレート)
- 刺激レート (= ペーシングレート)
- 設定レート (= プログラムレート)
- 下限レート (= ロワーレート)

## 第7節 NBGコード（国際ペースメーカーコード）

5文字で機種（機能）を表記しますが、最初の3文字が重要です。

1文字目 = 刺激電極の位置（A：心房 V：心室 D：両方）

2文字目 = 感知電極の位置（A：心房 V：心室 D：両方）

3文字目 = 自己心拍を感知した際の応答（T：同期型 I：抑制型 D：両方）

注：心拍応答機能の有無を加える場合は4文字目にRを追加します。

表1：代表的なペースングモード（網掛けの4モードが現在の主流）

	V ペーシング	A ペーシング	両方でペースング
V センシング	VVI 自発 V 波があると V 刺激を抑制		DVI AV 順次刺激するが、自発 V 波があると V 刺激抑制
	VVT 自発 V 波があるとすぐに V 刺激		
A センシング	VAT 自発 A 波に同期させて V 刺激	AAI 自発 A 波があると A 刺激抑制	DAT DAD と同じ
		AAT 自発 A 波があるとすぐに A 刺激	DAD AAI+VAT
両方でセンシング	VDD VAT+自発 V 波があると V 刺激抑制		DDD AAI+VVI+VAT
			DDI DVI+自発 A 波で A 刺激抑制
センシングしない	V00 固定レートで V 刺激	A00 固定レートで A 刺激	D00 固定レートで AV 順次刺激

表2：主流ペースングモードの特徴

code	特徴
V V I	自己 V 波を感知すれば心室ペースングを抑制するが、自己 A 波は無視する設定。規則的な心房収縮が存在する場合には、房室逆流が生じる危険性が高い。強い電磁波環境（例、溶接工場）は心室ペースング抑制により心停止の恐れがある。
V D D	洞機能と房室伝導が正常であれば、1本リード線を使用して DDD に近い生理的ペースングが可能。
D D D	心房が収縮してから心室が収縮するように設定された理想的モードで、心房センシングが心室ペースングをトリガー可能。トリガーするかしないかは自己 V 波の出現次第。
D D I	DDD 異なり、心房センシングがあっても心房ペースングが抑制されるのみで、心室ペースングをトリガーできない設定。

## 第8節 双極刺激

双極刺激とは陰極、陽極ともペースングリード上に配置して両極間で刺激パルスを発生させる方式で、シングルチャンバー例では下図のようなイメージです。

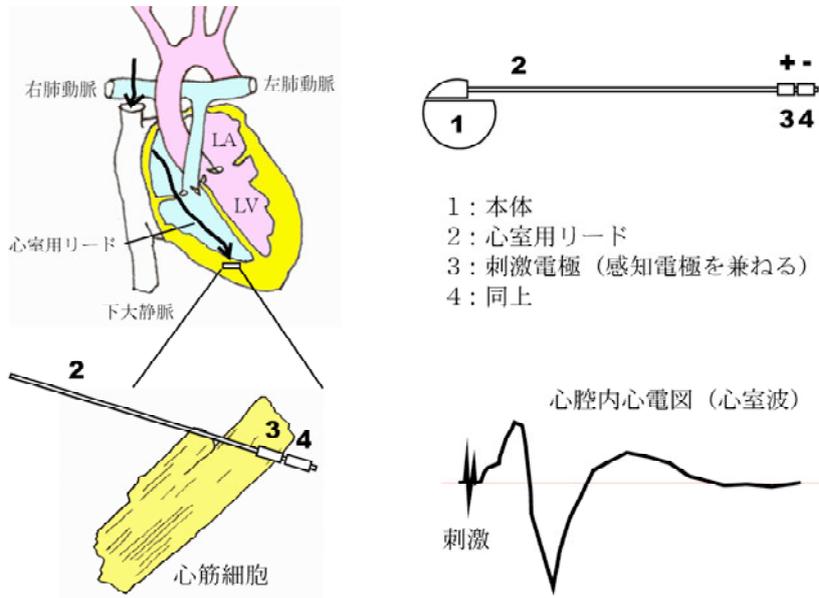


図 1-8-1 : 双極刺激の模式図 (図 ID444-60-080)

### 双極リードの長所

- 1) 刺激電流が心腔内しか流れないので、骨格筋を興奮させる危険性が少ない。
- 2) 同じ理由で横隔膜を興奮させる危険性が少ない。
- 3) 電極間距離が 25mm しかないので電磁波の影響を受けにくい。

### 双極リードの短所

- 1) リード内に 2 本の導線と絶縁体を納めるためにリードが太い。
- 2) 同じ理由で、絶縁不良が発生するリスクが高く、破損した場合の修理は不可能。
- 3) 電池の消耗が激しい。
- 4) 刺激によるアーチファクトが小さく心電図上で判断しにくい。

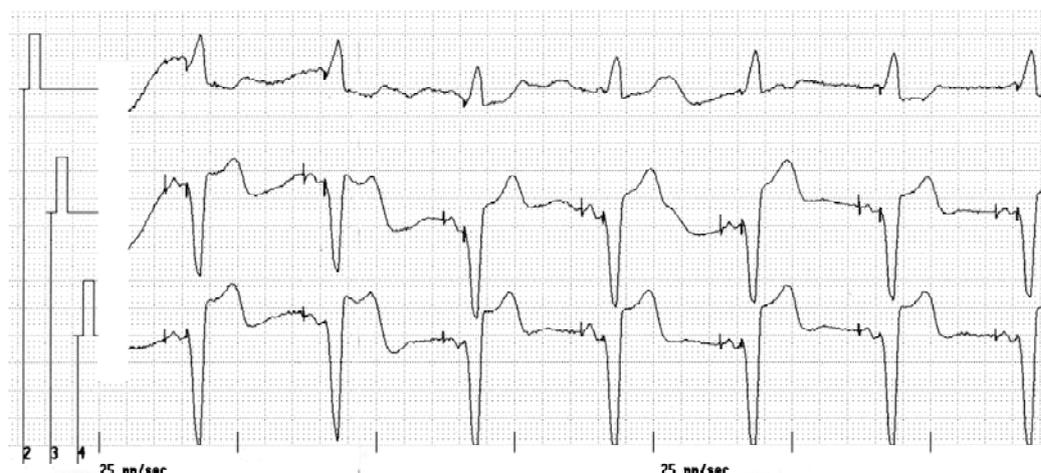


図 1-8-2 : 双極刺激のパルス例 (図 ID444-60-110)

### 第9節 単極刺激

単極刺激とはペースメーカー本体の陰極とペースメーカー本体との間で刺激パルスを発生させる方式で、シングルチャンバー例では図 1-9-1 のようなイメージです。双極刺激の説明に使用した模式図との重複点は割愛しています。当然、長所と短所がありますが、基本的には双極リードの短所が単極リードの長所、双極リードの長所が単極リードの短所です。一言でまとめれば「安くて丈夫」が謳い文句です。刺激パルスが心電図でクッキリハッキリしているのも利点です。

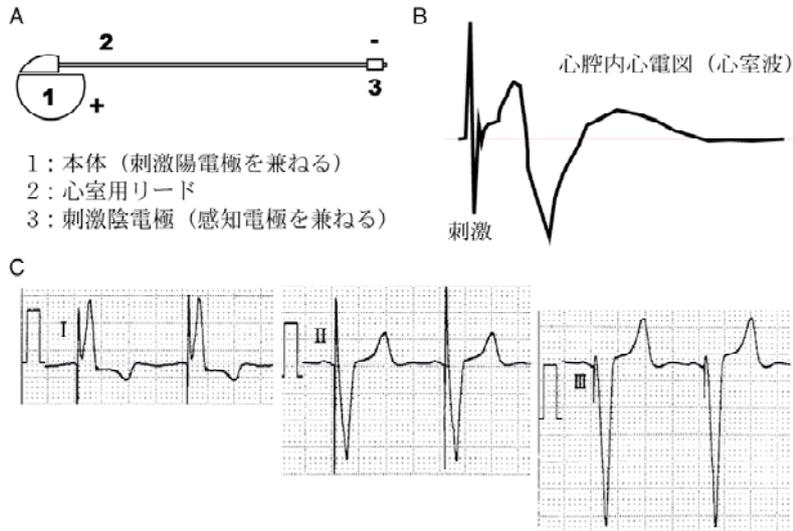


図 1-9-1：単極刺激の模式図とそのパルス例（図 ID444-60-090）