

機器紹介

最近のプログラマブルペースメーカー

—その活用法について—

小坂井 嘉夫*

オーガナイズされた機械の開発の歴史とは、最初はこんなことができるようになった、しかし、こんな問題があるから改良をした、改良が進められると複雑になって便利になった、しかし、複雑になりすぎて専門家にしか正しく使用できなくなった、ユーザーとしては困るので全てが自動化されて原理は良くわからないけれど誰にでも使用できるように言ったと言うようなコースをたどる。最新の市販されているペースメーカーは現在は大変複雑で、専門家ですら悩まされることが多い。今まさに開発中のペースメーカーは完全に自動化され誰にでも使えるようなものになろうとしている。

最初に開発されたペースメーカーはノンプログラマブルであった。最大公約数的に各種パラメータは設定されており、大多数の患者は生命が救われ症状が改善された。しかし、一部の患者に問題が生じることがあった。例えばペースリング閾値が上昇してペースリング不全が出現した時、再手術をして出力の大きいペースメーカーに交換しなければならなかった。また小児あるいは心不全患者にとってペースリングレートが増加させる必要がでた時、ペースリングレートの高いペースメーカーに交換しなければならなかった。

最初のプログラマブルペースメーカーは出力とレートのみが可変であった。これだけでも画期的で上記のような問題は解消された。しかし、不応期が固定で QT 延長症候群で T 波の過剰センシングなど細かい点で希ではあるが問題が生じた。そこで出力とレート以外の例えばセンシティブィ、不応期などが可変のマルチプログラマブル

ペースメーカーが開発された。その当時、心房用 J リードが開発され生理的ペースリングが普及し始めたのと時を同じくしたので、プログラマブルペースメーカーが飛躍的に発達し多機能となってきた。

このように高度な機能が付加されているにもかかわらず、十分機能が活用されていない“宝のもちぐされ”の状態も少なくない。これらの機能について述べるとともにその活用法について述べる。

ペースリングモード, **pacings mode**

機能: single chamber pacemaker では AAI, AAT, AOO, VVI, VVT, VOO などのモードがあり, dual chamber pacemaker では AAI, AAT, AOO, VVI, VVT, VOO, DDI, DVI, DOO, DDD, VDD, ODO などのモードが選択できる。また rate responsive pacemaker では on, off がある。

活用法:

① single chamber pacing では抑制型 (VVI or AAI) を経済的な理由あるいは QT 延長症候群での spike on T などから習慣的に用いることが多い。しかし電磁障害などで over sensing が生じた時、抑制型ではペースリングが停止し失神など危険な合併症が出現する。電池寿命が延長し不応期が可変となった現在では同期型 (AAT OR VVT) の有用性が報告されている¹⁾。over sensing の予防法として、自己脈が殆ど無くペースリングに依存している患者では固定型 (AOO OR VOO) にすることも可能である。しかし、AOO は比較的安全であるが、VOO は危険なので慎重に適応を決定する必要がある。

② dual chamber pacing の時、簡単に DDD モードを選択することは良くない。洞機能不全で

*国立循環器病センター心臓血管外科

DDD モードにすると心房細動時に上限レートでペースングするため、DDI, DVI モードなどを選択するのが良い。また房室伝導能が不完全であるが伝導している時では AAI モードを選択し房室ブロックの危険性が高くなった時に DDI モードに変更すると良い。洞機能が完全に正常で房室ブロックがある場合は DDD モードは不必要であり、cross talk 出現の危険性もあるので VDD モードを選択するのが良い²⁾。

③ レートレスポンス機能も全てに付加するのではなく、運動負荷時に自己脈が増加しない症例にのみ行うのが経済的である。

出力, output

機能：出力の増減は電圧、電流、パルス幅で変更可能である。電力は電圧あるいは電流の2乗に正比例し、パルス幅はそのまま正比例する。

活用法：元来、術後の閾値上昇に対して出力を増大させる目的のプログラムであるが、最近では出力を減少させ電池節約の目的でよく使用する。術後1ヶ月以上の安定期に、先ずプログラマーで出力を下げて閾値を測定する。そして電圧、電流では閾値の2倍、パルス幅では3倍に出力を設定すれば良い³⁾。

ペースングレート, pacing rate

機能：single chamber pacing では基本レートのみ、dual chamber pacing では下限と上限レート、rate responsive pacing では下限と上限レートおよび responsibility が可変である。

活用法：

① 至適ペースングレートは患者個々によって違う。しかも至適レートの決定は煩雑で習慣的に初期設定レートに設定することが少なくない。しかし、実際に患者に運動負荷をかけてみると、予想に反する結果になることも少なくない。近年呼吸機能からみた運動耐用能の検査が可能で、可能な限り本法での至適ペースングレートの決定を行うのが望ましいと考える。

② dual chamber pacing での上限レートの設定において AV delay を長くしたり、pacemaker mediated tachycardia (PMT) 予防のために逆行性伝導のP波のセンシングを避ける PVARP を長くすると、ペースングレートが設定された上限

レートに達しないことがある。また上限レートを低く設定すると、2：1ブロックで反応するシステムでは、例えば上限レートを120/分とすると運動負荷でP波レートが120/分を越えると心室ペースングレートが60/分となり、そして運動負荷中のP波レートが140/分であれば心室ペースングレートが70/分となり、全くDDDの意味がないことがある。Wenckebach ブロックで反応するシステムの場合、運動負荷時に上限レートをP波レートが越えると心房同期が得られなくなり、原理的にはVVIRと同じことになる。Wenckebach システムでも極端にP波レートが増加すると、PVARP に入り2：1ブロックになってしまう。従って上限レート設定には運動時のP波レートを十分検討して設定すべきである²⁾。

③ rate responsive pacing では responsibility を過度にすると動悸などの症状が出現するので、経験的には控えめに設定するのがよいと考える。AAIR では後述の不応期の項で述べる活用法を参照すること。

④ AAI ペースングの場合にレートを増加させることによって、房室伝導能の検査が可能である。90 ppm の心房ペースングで2度以上の房室ブロックになれば dual chamber pacing に変更すべきである³⁾。

センシング閾値, sensitivity

機能：trigger あるいは inhibit するために、自己の心筋収縮の電位を感じ取る機能であるが、閾値電位の高低のみ可変で、障害電位を見分けることはできない。

活用法：

① センシング閾値の設定には過剰センシングとセンシング不全とのバランスで設定する。センシング可能な範囲で最も感度を下げるのが良い。

② 心房電位のように小さくて感度を上げててもセンシング不能な場合には AAI ではなく AOO に設定した方がよい。

③ 心内電位も経過とともに変化するので、経時的にチェックするのが望ましい。

④ cross talk を心室のセンシング感度下げることによって予防できることがある。

ヒステレーシス, hysteresis

機能：できるだけ自己脈を優先させる機能で、原理はセンシング後の pacing interval をペースング後の pacing interval よりも長くすることである。

活用法：本機能は VVI ペースングの時に有用である。心室ペースングの場合心室の収縮様式はペースング部位から波紋状に収縮する。自己の心臓収縮ではプルキンエ線維を介した合理的な収縮をするのでペースングの収縮より優れている。従って、ペースングの 70 ppm より自己の 60 bpmの方が心機能的にも良く経済的である。このような場合は基本レート 70 ppm ヒステレーシス 60 ppm に設定する。

不応期, refractory

機能：ペースング直後から心室収縮が起こるのでこれらの電位をセンシングすると、ペースングのタイミングがリセットされる。これでは設定されたペースングレートにならないのでペースメーカーには不応期が設けられている。不応期には全くセンシングしない絶対不応期と、センシングするが無視する相対不応期とがある。dual chamber pacing では逆行性 P 波のセンシング不応期 (PVARP) がある。これらの不応期にも至適な長さがあり可変となっている。

活用法：

① VVI では T 波、AAI では QRS 波を過剰センシングすることがあるので、不応期をこれらに合わせて設定する。レートレスポンスの AAIR の場合、運動負荷時にレートが増加し PQ 間隔が延長し QRS の過剰センシングが出現し、運動負荷時にレートが増加しない現象が出現することがある。従って十分な不応期を設定しなければならない。

② PVARP は PMT の予防のためにある。PVARP を長くすると PMT は起こりにくくなるが、結果的に上限レート低く制限されるので、PVARP は必要最小限の長さにするべきである。PMT 停止機能のあるペースメーカーでは PVARP を短く設定し PMT 停止機能を用いた方が良い。

ブランキングペリオド, blanking period

機能：dual chamber pacing の場合、心房の pacing spike を心室リードがセンシングして心室ペースングが抑制される cross talk という危険な現象が起こる。これを予防するために心房ペースングの直後に心室センシングのブランキングペリオドが設定されている。

活用法：ブランキングペリオドは長ければ長いほど cross talk は起こりにくい。しかし、ブランキングペリオドと同時に心室性期外収縮が起こった時、心室収縮が認識されないため心室ペースングが起こり spike on T という危険な現象になるので注意を要する。

双極単極切り替え機能, unipolar, bipolar

機能：単極と双極にはそれぞれ長所短所があり、良い方を選択できる機能である。

活用法：

① センシング感度が可変となった現在では電磁障害の少ない双極の方が望ましい。

② 双極では心電図上 pacing spike が見にくいので、診断上一時的に単極にして活用する方法がある。

③ リード断線、リード内ショートなどでペースング不全が生じた時、単極でペースング可能なことがあるので応用する¹⁾。

自動 AV ディレイ機能, auto AV delay

機能：安静時には AV ディレイは短く、運動時は長い。これを自動的に設定する機能である。

活用法：真の至適な AV ディレイの設定法は個人差もあり困難であるが、この機能のある方が良いので活用すべきである。

レートスムージング機能, rate smoothing

機能：突然のレートの増減に対して、徐々にレートを反応させる機能である。

活用法：運動時に突然 SA ブロックの出現する症例などで、しかも間歇的に徐脈が出現する症例に有効である。

フォールバック機能, fall back

機能：心房レートが長時間上限レートを超過し

た時、心室レートを減少させる機能である。

活用法：発作性心房粗細動の症例では上限レートで心室ペーシングすることがある。このような症例に DDD ペーシング使用したいときに活用すると良い。

テレメトリー, telemetry

機能：プログラマブルペースメーカーに種々の設定を行った時、その状態をペースメーカー本体から交信する機能である。またホルター機能、心内心電図、イベントマーカークロッキングの状況を診断するときに本体と交信する機能である。

活用法：

- ① プログラマブルペースメーカーには必須の機能で、設定変更時に必ずテレメトリーで確認する必要がある。
- ② 異常心電図が確認された時、大変診断の補助となるので、億劫がらずに利用すべきである。

将来、望まれる機能について述べる。

- ① 頻拍の診断と停止機能。af, AF, PSVT, VT, PVCなどを診断しそれぞれに対応したペーシングをする。T波を認識して絶対に spike on Tにならないようにする。
- ② 出力の自動制御。閾値上昇しても安全で最も経済的な出力に設定する。
- ③ 閾値の自動制御。電磁障害の影響を最も少なくする。
- ④ プログラマーに患者の状態を入力すると至適

なプログラミングが自動的に設定される機能。

- ⑤ 運動時の至適レートを自動設定する機能。
- ⑥ 電池交換時期が来ると警告音などが鳴って患者に知らせる。
- ⑦ event holter 機能。異常な事態が起こった時の心電図を記録する。
- ⑧ 患者が電磁障害区域に進入すると警告音が鳴る機能。

以上、このような機能があると外来でのペースメーカーチェックが不要になるであろう。

ま と め

近年、プログラマブルペースメーカーの進歩はめざましいものがあるが、複雑となり十分理解されずに活用されていないことも少なくない。煩雑な設定の無い自動化されたペースメーカーの開発が望まれるが、現状では医師が機能を熟知し活用しなければならない。

文 献

- 1) 大黒 哲, 大江 透, 下村克朗, 小坂井嘉夫, 磯部文隆, 藤田 毅：リード内ショートによる oversensing に対し VVT モードへの変更により一時的に対処した1例. 心臓ペーシング 16: 461-464, 1990.
- 2) 小坂井嘉夫：ペースメーカーの事故と対策. 循環科学 10: 274-282, 1990.
- 3) 小坂井嘉夫, 磯部文隆, 藤田 毅：ペースメーカークリニック. 治療学 23: 418-420, 1989.
- 4) Seymour Furman, David L. Hayes, David R. Holmes, Jr: A Practice of Cardiac Pacing Futura Publishing Company, Inc. 1986.