



ペースメーカー設定やリード不全 によって起こりうる心電図波形

独立行政法人地域医療機能推進機構九州病院 内科
菊池 幹

I. はじめに

植込み型ペースメーカーは、1960年に初めて Chardackらにより臨床使用例が報告された¹⁾。それ以降、バッテリー・電子回路・リード線および素材などの改良により、機器としての高性能化・小型化が行われてきた。またソフトウェアとしては、開発当初は刺激数固定型という単純なものであったが、心房同期型の開発以降の進歩は著しく、現在では多くの機能と複雑なアルゴリズムにより、ほぼ生理的な心拍動を再現しうるようになった。しかし、多くの機能と複雑なアルゴリズムのため、ペースメーカー患者の心電図波形を読み解くことが非常に難解となってきた。ペースメーカー心電図が、本体やリードの損傷により異常を呈している場合もあるが、実際は不応期の影響やアルゴリズムの働きにより一見、「異常」に見えている場合もある。そこで、ペースメーカー心電図を診て「異常かな?」と感じたときに、順を追って考えていく必要がある。

II. センシング不全・ペーシング不全

一般的によく遭遇する、「異常かな?」と思われるペースメーカー心電図は、センシング不全、ペーシング不全という形で現れることが多い。各々について概説する。

1. センシング不全

センシング不全には過剰に感知してしまうオーバーセンシングと感知しなくなるアンダーセンシングがある。

①オーバーセンシング

オーバーセンシングとは、本来感知してはならない信号を感知することにより自己脈と誤認識し、その間はペーシングが行われない現象のことである。ペースメーカー心電図で入るはずのタイミングでペーシングが入らなかったり、ペーシングのタイミングがおかしかったりする場合にオーバーセンシングの可能性を考える。例えば、AAI/VVIモードでオーバーセンスが起るとペーシングが入らなくなり、DDDモードで心房オーバーセンシングすると心室ペーシングが誤ったタイミングで入る。

原因としては、心房(心室)リードが心室(心房)リードの電位を感知して心房(心室)が興奮したと認識してしまうクロストークや、外部からの電磁干渉やリードの被膜損傷などによるさまざまなノイズを感知してしまうことなどがある。ペースメーカーが unipolar 設定である場合は、筋電位を拾いやすくなる。

ICDでは高頻度の連続オーバーセンシングが起きた場合には不適切作動が行われることがある。これらの現象は、通常のペースメーカーチェックを行うことで原因を同定することが可能であり、通常の状態

では現れにくいリードの被膜損傷や筋電位によるノイズも、ペースメーカーチェック時に左右手掌を合わせ、力を入れさせる筋電位干渉誘発試験「おがみ試験」や、腕・肩を激しく回す動作をしてもらうことで判明することがある。

②アンダーセンシング

アンダーセンシングとは、自己波の心内電位が設定されたセンシング閾値より低いために、正常に自己波の心内電位を感知できない現象のことである。これは、リードから得られる心内電位が消失、または低下することにより起こる。心筋の器質的変化などによる心内電位の低下が原因である場合は、センシング閾値の設定を最適化することで対処できることが多いが、リードトラブルなどが原因である場合はリード移動もしくはリード追加挿入が必要となる可能性もある。アンダーセンシングが起こると、自己脈とは無関係にペーシングを行ってしまうため、自己脈を無視して規則的にペーシングが入るような心電図波形や、自己波に追従するはずのペーシングが入らないような心電図波形はアンダーセンシングが疑われる。また、自己のP波やQRS波があってもペーシングが抑制されないため、動悸などの症状をきたすことが多い。通常心内電位は、リード損傷を除いては慢性期に急激に低下することはほとんどないが、開心術後や心筋梗塞では低下することも考えられる。そのほか、リードのデイスロッジ、ルーズピンなども念頭におく必要がある。これらの現象は、通常のペースメーカーチェックおよび胸部X線写真を確認することで原因を同定することが可能である。

2. ペーシング不全

通常、ペーシング閾値は植込み後数ヶ月で安定し、以後大きな変化が見られないことが普通であるが、時には植込み後数年以上経過してから発生する、病的なペーシング閾値の上昇が見られることもある。不可逆的な閾値上昇の原因としては、電極近傍での心筋梗塞、癒痕組織の形成などが考えられる。可逆的な閾値上昇の原因としては、リードの microdislodgement²⁾、代謝異常・電解質異常・薬剤の影響などがある。糖尿病性ケトアシドーシスやホルモン分泌異常などの原因により、酸塩基並行異常や電解質異常が生じて閾値上昇が見られるが、基礎疾患の治療により代謝異常が消失すれば閾値も正常化する。薬剤でペーシング閾値上昇をきたすものとしては、抗不整脈薬・βブロッカー・ジギタリス・抗てんかん薬・インスリン・ミネラルコルチコイドなどがあり、低下をきたすものとしてはグルココルチコイド・インドメタシン・交感神経作動薬などがあるが、通常これらの薬剤の使用を中止すれば、閾値は前値に復する。実際に、抗不整脈投与によりペーシング不全が生じ、薬剤の血中濃度低下とともにペーシング閾値が回復した症例が報告されている^{3),4)}。

そのほか、ジェネレータ本体のトラブルやバッテリー消耗によるペーシング不全もありうるが、非常にまれであり、またリード断線や被膜損傷によるペーシング不全も同様である。いずれも、通常のペースメーカーチェックを行うことにより明らかとなる。

Ⅲ. アルゴリズム

現在使用できるペースメーカーの多くには、複雑なアルゴリズムが搭載されており、そのアルゴリズムによる動作が一見異常なペースメーカー心電図に見える場合がある。

ペーシング閾値を自動で測定し、出力を自動調節する Autocapture というアルゴリズムでは、測定中にアンダーセンシングが起こる場合があり、PQ間隔も一時的に短縮されるが、これはアルゴリズム上では正常動作である。

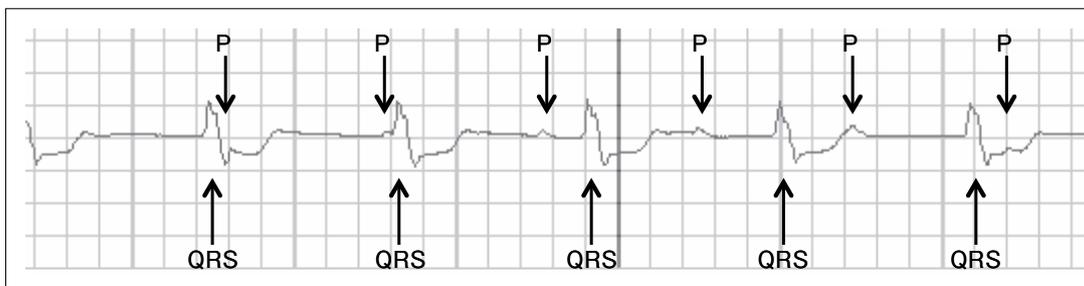


図1 MVP設定により下限レートを下回った症例

Medtronic社製 Advisa MRI. 設定は, AAI ⇄ DDD mode (MVP). Lower rate ; 60 ppm, Max tracking rate ; 130 ppm. ペースメーカチェックを行ったところ, 完全房室ブロックの状態で心房レートは60 bpm, 心室は接合部調律50 bpmで持続していた. ジェネレータ本体・リードには問題を認めなかった.

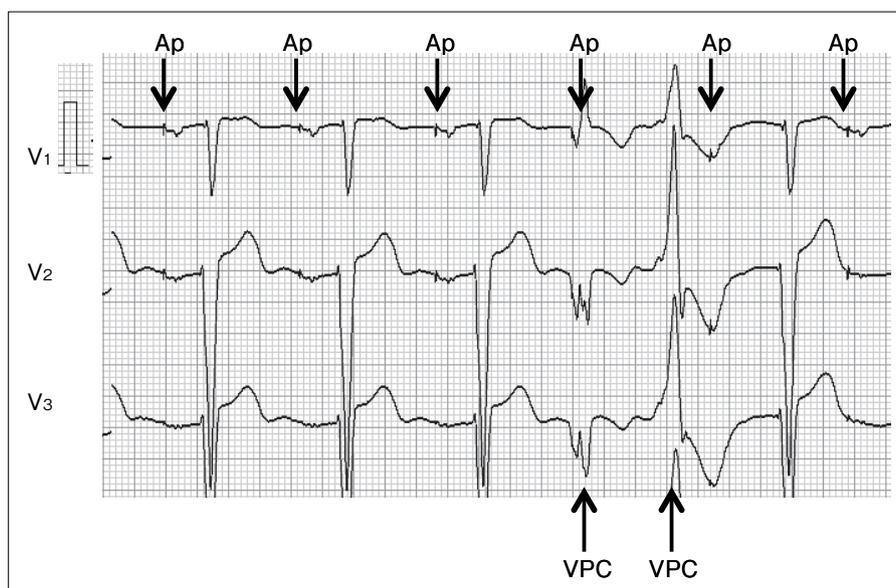


図2 MVP設定により一見センシング不全に見える心電図

Medtronic社 Evera MRI. 設定は, AAI ⇄ DDD mode (MVP). Lower rate ; 60 ppm, Max tracking rate ; 110 ppm. 12誘導 ECG上, VPC出現後も Aは60 ppmの intervalで pacingを継続している.

以前からある Hysteresis というアルゴリズムは自己心拍をできるだけ生かすため, 設定した下限レートとは別に, 自己脈後のペーシングは設定分だけ pacing interval を延長するものである. 現在では, 房室伝導監視型心室ペーシング抑止機能を搭載したペースメーカが一般的となっており, Hysteresis を設定する機会は減少している. 房室伝導監視型心室ペーシング抑止機能は, AAI と DDD を自動変更するタイプと設定された AV delay まで心室ペーシングを抑制するタイプがあるが, 前者のうち Medtronic 社の MVP というアルゴリズムでは, 一定条件下で心拍数が下限レートを下回った状態が持続する可能性がある(図1). また, このアルゴリズムでは AAI 作動中は心室も監視はしているが, 心

室期外収縮が現れても AAIとしてのタイミングサイクルには影響を及ぼさないため、一見センシング不全に見えることがある(図 2)。これは、AAI動作時に直近の4つの A-A intervalのうち、2つに心室波の感知がない場合に、基本レート + 80 msecで back up pacingが入り、DDDへ切り替わるというアルゴリズムのためである。

そのほか、心房細動抑制機能としての atrial overdrive pacingを設定していると、repetitive non-reentrant ventriculoatrial synchrony (RNRVAS)という頻拍が持続することがあるため、注意が必要である^{5),6)}。まだ多くの報告があるが、紙幅の都合上、ここでは割愛させていただく。

IV. まとめ

ペースメーカ治療にかかわるわれわれは、ペースメーカの基本的なアルゴリズムに関して知っておくことが当然であり、また、最新の複雑なアルゴリズムに関しても把握しておかないと、ペースメーカ心電図の解析が困難となる。ペースメーカ心電図を確実に判読するには現在のペースメーカ設定を確認することが大原則であり、ペースメーカ手帳を見れば、これらの情報が記載されているはずである。万が一、手帳を持ち合わせていない場合はペースメーカチェックを行い、現在の設定を確認する必要がある。設定条件で作動しているかがわからなければ、ペースメーカが適切に作動しているか否かの判断は不可能である。しかし、最新の複雑なアルゴリズムの場合、設定が確認できても理解するのが困難なペースメーカ心電図と遭遇する可能性も高いため、われわれは日々精進する必要がある。

【文 献】

- 1) Chardack WM, Gage AA, Greatbatch W : A transistorized, self-contained, implantable pacemaker for the long-term correction of complete heart block. *Surgery*, 1960 ; 48 : 643 ~ 654
- 2) Kikuchi K, Abe H, Nagatomo T, Nakashima Y : Microdislodgment : a likely mechanism of pacing failure with high impedance small area electrodes. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2003 ; 26(7 Pt 1) : 1541 ~ 1543
- 3) Numata T, Abe H, Nagatomo T, Kohshi K, Nakashima Y : Ventricular pacing failure after a single oral dose of pilsicainide in a patient with a permanent pacemaker and paroxysmal atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2000 ; 23 : 1436 ~ 1438
- 4) Numata T, Abe H, Nagatomo T, Kohshi K, Nakashima Y : Effect of a single oral dose of pilsicainide on pacing thresholds in pacemaker patients with and without paroxysmal atrial fibrillation. *Jpn Circ J*, 2000 ; 64(10) : 750 ~ 754
- 5) Kohno R, Abe H, Oginosawa Y, Tamura M, Takeuchi M, Nagatomo T, Otsuji Y : Reliability and characteristics of atrial tachyarrhythmias detection in dual chamber pacemakers. *Circ J*, 2011 ; 75 : 1090 ~ 1097
- 6) Kohno R, Abe H, Nagatomo T, Otsuji Y : Repetitive non-reentrant VA synchrony and pacemaker-mediated tachycardia induced by the AF suppression algorithm. *Pacing Clin Electrophysiol*, 2009 ; 32 : 1333 ~ 1335