



ペースメーカーで記録される 心内心電図の解釈方法

国立病院機構九州医療センター循環器内科
中村俊博

I. はじめに

ペースメーカーや植込み型除細動器(ICD)などのデバイス治療は、現在の不整脈診療において非常に重要な治療分野の一つであり、多くの施設でデバイス植込み術が行われ、沢山の患者がその管理下にある。一方、植込みデバイスに関連するテクノロジーの進歩は目覚ましく、その内容を網羅的に理解・把握することが困難になりつつあるのが現状である。デバイス内部にはイベント発生時の心内心電図が記録されるが、その解釈に難渋することは少なくない。しかし、正確な解釈が可能になれば、患者の適切な治療・管理やデバイス関連のトラブル対策に役に立つ。

今回の「これだけは知っておきたい！」シリーズでは、デバイスの内部メモリに記録される心内心電図の解釈について、その一部を解説する。

II. デバイスで記録される心内心電図の基本事項

デバイスに記録される心内心電図(EGM)を解釈するためには、基本事項あるいは用語の定義を把握しておくことが大切である。このため、以下にペースメーカー(主にDDDモード)に関連する基本的な事項を記載しておく。なお、紙面の都合上、ICDに関連する事項は割愛する。

デバイス内のEGMをプログラムのディスプレイあるいは紙面に表記させると、心房心内心電図(心房双曲電極による心内心房電位)と心室心内心電図(心室双極電極による心内心室電位)、イベントマーカチャネル、心房電位間インターバル、心室電位間インターバルなどが確認できる。もちろん、EGMに加えて体表面心電図も同時に表記させることができる。通常は体表面心電図上にイベントマーカチャネルを重ね合わせ、イベントマーカに対応する心内心電図と対比させることでペースメーカーの作動状況を把握できるようになっている(図1)。

EGMを判読する際には、イベントマーカの表記記号を確認することが重要である(表)。

III. 不応期とブランキングピリオド

デマンド型ペースメーカー(特にデュアルチャンバーペーシングシステム)が正常に作動するためには、感知(センシング)機能が非常に重要になる。しかし、すべての心内イベントの感知や不適切な感知(oversensingやfar-field sensingなど)が起これると、不適切作動を起こすことになる。これを避けるために、ペースメーカーには不応期やブランキングピリオドが設けてある。

ペースメーカーの不応期とは電気生理学的用語の不応期とは異なり、イベント(自己心拍のセンシング

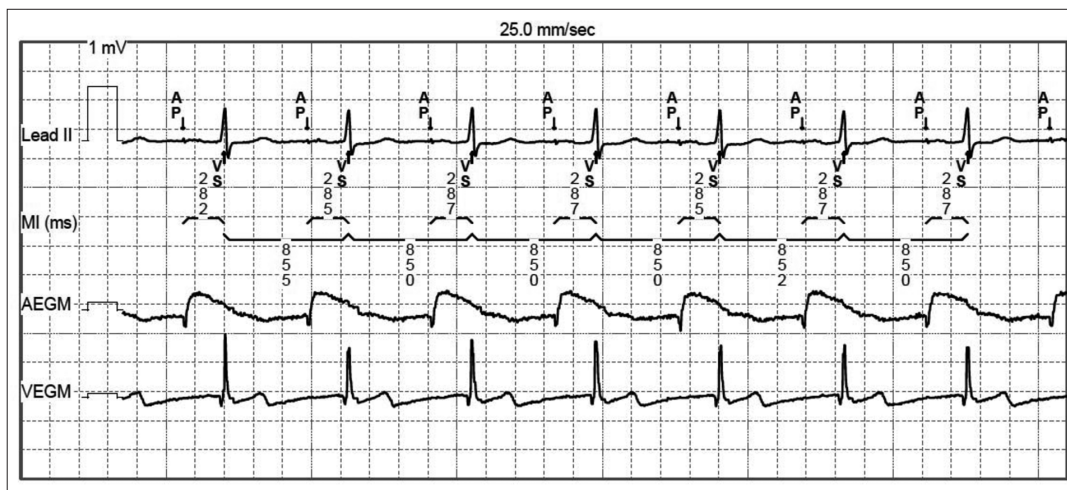


図1 デバイス EGM の例

上段から、体表面心電図(Lead II)とイベントマーカ(AP, VS)、測定インターバル(AP-VS間隔, VS-VS間隔)、心房内心電図(AEGM)、心室内心電図(VEGM)を示している。

表 イベントマーカの表記記号

AP	心房ペーシング	VP	心室ペーシング
AS	心房センシング	VS	心室センシング
AR	心房不応期内センシング	VR	心室不応期内センシング

上記以外にも多数のイベントマーカ記号があるが、各デバイス取扱説明書に詳細が記載されている。

あるいはペーシング)後に自己心拍を感知しない(あるいは感知しても抑制を行わない)一定の短い期間をいう。これにより、正常でない電気的活動(ペーシングパルス、ペーシング後の後電位、far-fieldのR波、T波、ノイズなど)による誤ったインターバルリセットや同期ペーシングを防ぐ。一方で現在のペースメーカーは不応期内センシングが行われるので、診断機能としての頻拍検出を可能にしている。

デュアルチャンバーペーシングシステムでは、心房の不応期は二つの要素で構成されている。一つはAV間隔(心房センシング-心室ペーシング、心房ペーシング-心室ペーシング間隔)、もう一つは心室後心房不応期(PVARP:心室イベント後の心房不応期)であり、この両者を合わせて全心房不応期あるいは総心房不応期という。一方、心室不応期は心室ペーシング、センシングイベントおよび不応期内のセンシングイベント(心室期外収縮など)後に出現する。心室不応期によりT波などの不必要なセンシングで起こる不適切な作動を防ぐことができる。

ブランキングピリオドは休止期とも呼ばれ、ペースメーカーが電気的活動を感知できない期間のことをいう。ブランキングピリオドは心房、心室のそれぞれにおいてペーシングイベント、センシングイベントの後に発生する。これによりペーシングパルスやペーシング後の後電位、同一イベントのオーバーセンシングを防ぐことができる。またクロスチャンバーブランキングピリオドというものもある。ペーシング部位とは別のチャンバー(心房の場合は心室、心室の場合は心房)にペーシング後のブランキングピ

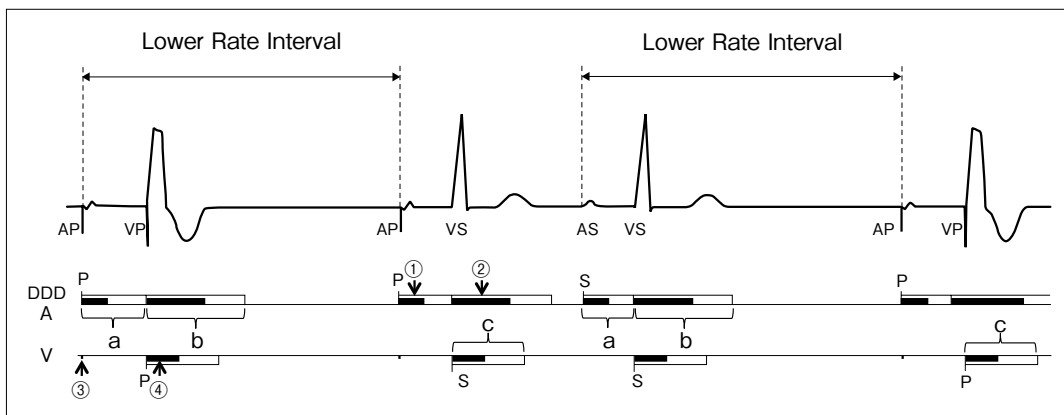


図2 デバイスに設定されている不応期とブランキングピリオド

上段は、DDDモードで作動しているペースメーカの体表面心電図とイベントマーカである。中段と下段の白バーは不応期、黒バーはブランキングピリオドを意味している。心房不応期はAV間隔と心室後心房不応期(PVARP)からなり、その両者を合わせて全心房不応期(a+b)という。心室不応期は心室イベント後に出現し、cで示した期間である。丸囲み数字はブランキングピリオドを指しており、①、②(PVAB)は心房の、③、④は心室のブランキングピリオドを示している。

リオドを設け、crosstalk現象(後述)の防止を行っている。

図2に体表面心電図とイベントマーカ、不応期とブランキングピリオドの関係を示す。

IV. デバイスで記録される注意すべき現象と心内心電図の解釈

日常臨床で利用されるペースメーカでは、ほとんどが生理的ペースメーカ(AAI, DDD, VDDなど)が選択される。生理的ペースメーカはデマンド機能、すなわち自己心拍を優先しペースメーカとの競合を防ぐ機能を有する。デマンド機能では自己心拍の感知(センシング)が重要な鍵となるが、このセンシングに関連するトラブルが様々な異常現象を引き起こすことになる。

以下に代表的なセンシングに関連した異常現象を解説する。

1. Far-field sensing と crosstalk

心房と心室にそれぞれペースメーカリードが留置されていると、心房リードが心室のイベントを、心室リードが心房イベントを感知することがあり、これを far-field sensing という。心房では心室ペースメーカパルスや心室電位を感知することがあり、心室では心房ペースメーカパルスや心房電位を感知することがありうる。これは、感知すべきでないものを感知していることになるので、oversensingの一つと考えられる。far-field sensingを生じた結果、デマンド機能によりペースメーカが抑制されることで脈の不具合を生じることがある。特に心房ペースメーカパルス、あるいはその後電位を心室で感知(far-field sensing)することを crosstalk (図3)という¹⁾。この場合、心室ではペースメーカの抑制がかかるため、心房ブロックが存在する場合は心室興奮の脱落が生じ、徐脈や心停止をきたすことになる。このような不具合を回避するために、心房ペースメーカ後には心室ブランキングピリオドが設定されている。

図2にDDDペースメーカにおける心房と心室での不応期およびブランキングピリオドのタイミングを示しているが、心房ペースメーカのタイミングで心室に数10 msecのブランキングが設定されている(図2の③)。ブランキングピリオドでは一切感知が行われないため、心室における far-field sensingは

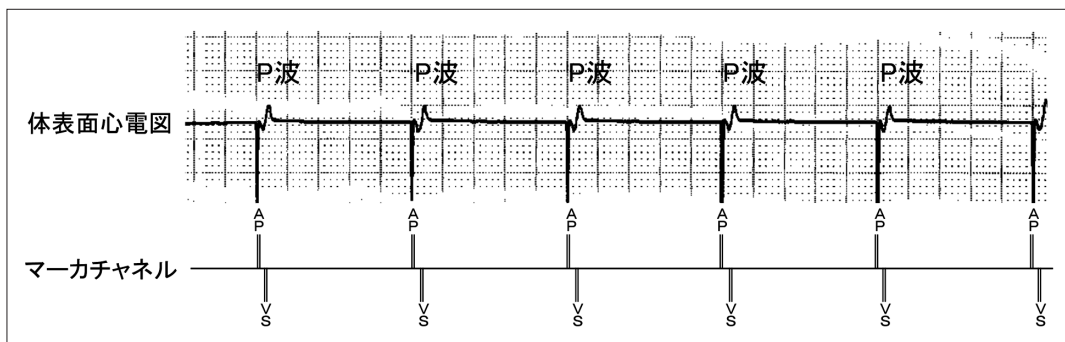


図3 Crosstalkの心電図とイベントマーカ

体表表面心電図では心房スパイクに続いてP波を認めるが、それに続くべきQRS波が脱落しており、心停止状態を示している。マーカチャネルにはAP-VSとあり、心室リードが心房ペーシングを感知(far-field sensing)したことを意味している。このようにfar-field sensingは心室ペーシングの抑制(crosstalk)を起こす原因になりうる。

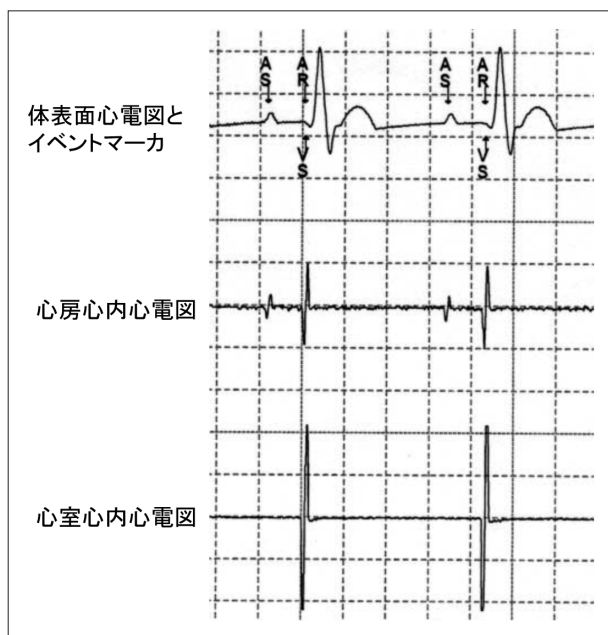


図4 Far-field R wave sensingの例

体表表面心電図は正常なP-QRS波形を示しているが、心房イベントマーカはASとARが表記されている。ARは心房不応期内のセンシングを意味しているが、心室電位を心房リードが感知しているため、この現象をfar-field R wave (FFRW) sensingという。

生じることがなく、図3のようなcrosstalkを防ぐことができる。同じような現象は心房でも起こる場合がある。心房リードが心室電位を感知することをfar-field R wave (FFRW) sensingという。この場合、心室で生じるcrosstalkのような不具合は起こさないが、図4にあるように心房不応期内の感知となるため、ペースメーカは心房頻拍が生じたと誤認してしまうことになる。例えば、心拍数100の洞

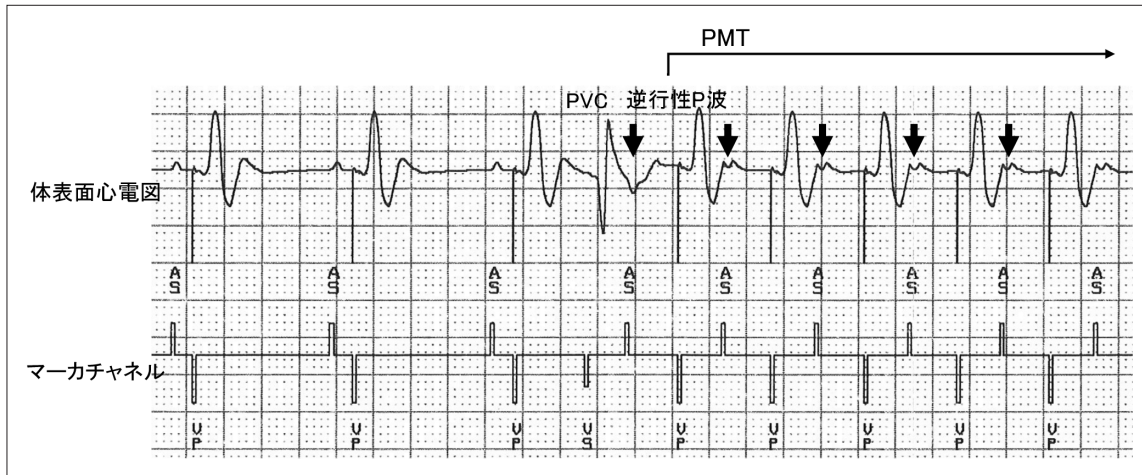


図5 ペースメーカー起因性頻拍(PMT)

PVCに続いて室房伝導による逆行性P波(矢印)を認める。このP波に同期して心室ペーシングが入り、再び逆行性P波が出現することで頻拍が開始している。この現象をペースメーカー起因性頻拍(pacemaker-mediated tachycardia : PMT)という。

調律であっても心房は2倍のイベント数になり、200の心房頻拍と判断することによりモードスイッチが作動する可能性がある。このオーバーセンシングを防ぐため、心室イベント後に心房にもブランキングが設定されている(図2の②)。これをPVAB (post ventricular atrial blanking)という。PVAB内にfar-field R waveが入れば、これを感知することはなくなる。しかし、実際のFFRW sensingはPVABを越えてPVARP内で感知されることが多く、誤った心房頻拍の診断例は少なくない²⁾。

2. PMTとRNRVAS

PMT (pacemaker-mediated tachycardia : ペースメーカー起因性頻拍)とRNRVAS (repetitive non-reentrant ventriculoatrial synchrony; 反復性非リエントリー性室房同期)は、いずれもDDDペースメーカーを挿入している患者において室房伝導が存在するときに生じる可能性のある不具合である。

PMTは別名エンドレスループ頻拍(endless loop tachycardia)ともいうが、その機序はマクロリエントリーによる頻拍である。すなわち、ペースメーカーがリエントリーの機能的順行伝導路となり、刺激伝導系が逆行伝導路となる³⁾。図5にPMTの心電図を示すが、心室期外収縮(PVC)により生じた室房伝導が逆行性心房興奮を形成し、その逆行性P波を感知して心室にペーシングが生じる。このペーシングにより再び逆行性P波が出現すると、また心室に同期ペーシングが入る。これを繰り返すことで持続する頻拍が起こる。室房伝導が存在しても、伝導時間が短い場合は逆行性心房興奮は心室後心房不応期(PVARP)に入り、心房感知は無視されるためPMTは生じない。この頻拍が出現するためにはPVARPを超える長い室房伝導時間が必要であり、通常は房室結節を経由した逆行性興奮である。完全房室ブロックの場合でも室房伝導が存在することがあるため、PMTは起こりうる。PMTの治療の基本はPVARPの延長とPMTを停止させるための特別なアルゴリズムである。PVCに続く逆行性P波からPMTを起こすことが多いため、PVC後には自動的にPVARPを延長してPMTを予防するペースメーカーもある。

RNRVASという用語は非常に難解であるが、この現象の本体はPMTと同じ逆行性室房伝導にある。

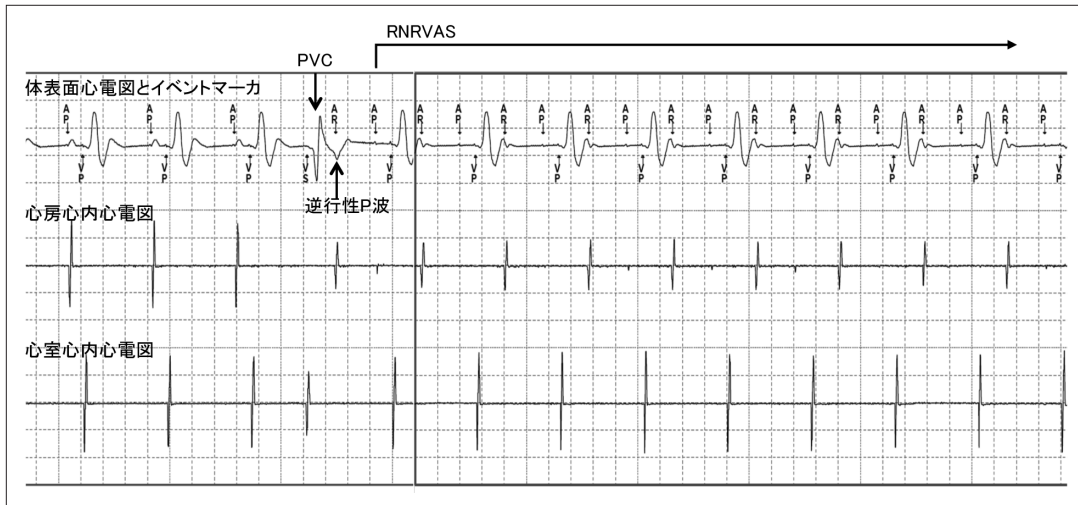


図6 反復性非リエントリー性室房同期 (RNRVAS)

PVCにより逆行性P波が出現し、RNRVASという現象が出現している。

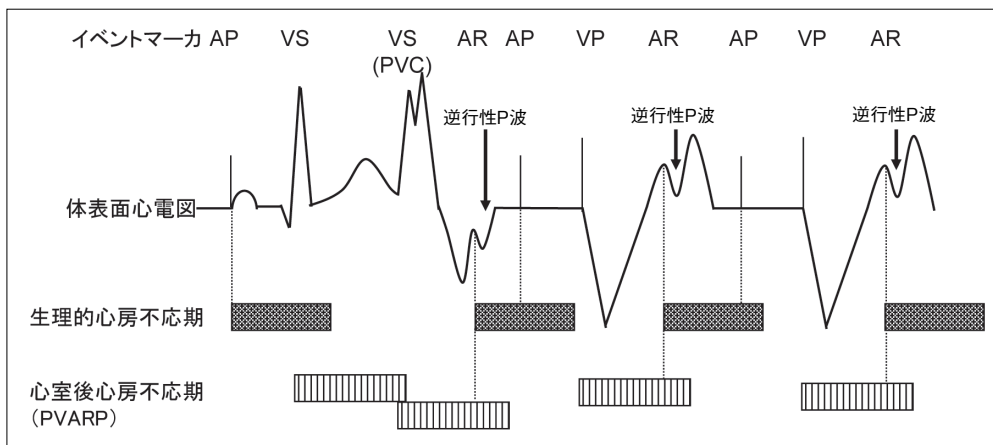


図7 RNRVASの解説

PVC後に逆行性P波が出現しているが、PVARPによりペースメーカはこの逆行性P波を感知しない。このため適切なインターバルで心房ペースングが起こるが、逆行性P波による生理的心房不応期が生じているので、無効ペースングとなる。それに続く心室ペースングで再度逆行性P波が出現するが、これもPVARPに入り、続いて無効心房ペースングが起こり、反復性リズムが生じる。

[文献4)より引用改変]

図6と図7にRNRVASの心電図およびその解説を示した。図7の心電図には、心房の生理的不応期(電気生理学的な意味)とペースメーカの心室後心房不応期(PVARP)も示している。1拍目は、ペースングによるP波と自己QRS波を示し、正常である。自己QRS波後にPVCが出現し、これに続く逆行性P波が見られる。逆行性P波はPVCによって出現したPVARP内にあるため、ペースメーカは心房イベントとしてそれに反応することはない。このため、設定されたインターバルで次の心房ペースングが起こるが、このタイミングは逆行性P波により出現した生理的心房不応期のなかにあるため、心房は捕捉

されず，無効ペーシングとなる．これに続く心室ペーシングで逆行性P波が再度出現し，先と同じ現象が繰り返される．これを反復性非リエントリー性室房同期リズムと呼ぶ⁴⁾．同様に，房室伝導を伴わない心房期外収縮(blocked PAC)がPVARP内に出現したときや，心房ペーシング不全後の心室ペーシングに逆行性P波が続く場合にも生じることがある．RNRVASが出現しやすい条件として，はやいペーシングレート(下限レートを高く設定している)，長いAV間隔，長いPVARPなどが上げられる⁵⁾．RNRVASに対する対応は一般的にはPVARPを短縮することであるが，それは当然PMTを起こしやすくすることにつながるため，個々の患者の状況に合わせたプログラムが必要になる．

V. おわりに

ペースメーカーのセンシングに関連するトラブルは，体表面心電図を見ただけでは解釈が難しいことがほとんどであり，デバイス内心電図とイベントマーカを読み解くことが必要である．多機能デバイスに精通することは容易でないが，各メーカーやCDRの意見を参考にしながら，興味をもってデバイス内心電図に取り組む姿勢も必要と思われる．

〔文 献〕

- 1) Ellenbogen KA, Wilkoff BL, Kay GN, Lau CP : Clinical Cardiac Pacing, Defibrillation and Resynchronization Therapy. ELSEVIA, 2011
- 2) de Voogt WG, van Hemel NM : Diagnostic tools for atrial tachyarrhythmias in implantable pacemakers : a review of technical options and pitfalls. Neth Heart J, 2008 ; 16 : 201 ~ 210
- 3) Monteil B, Ploux S, Eschalier R, Ritter P, Haissaguerre M, Koneru JN, Ellenbogen KA, Bordachar P : Pacemaker-Mediated Tachycardia : Manufacturer Specifics and Spectrum of Cases. Pacing Clin Electrophysiol, 2015 ; 38 : 1489 ~ 1498
- 4) Moses HW, Mullin JC (藤田喜久, 鎌倉史郎, 日野智子共訳) : 心臓ペーシングのABC : 知っておきたい最新の知識. 真興交 易医書出版部, 東京, 2009
- 5) Sharma PS, Kaszala K, Tan AY, Koneru JN, Shepard R, Ellenbogen KA, Huizar JF : Repetitive nonreentrant ventriculoatrial synchrony : An underrecognized cause of pacemaker-related arrhythmia. Heart Rhythm, 2016 ; 13 : 1739 ~ 1747