

## 特 集

## 心電図モニタリング

小林 勉\*

## はじめに

心電図学の成書は数多いが、診断学に重点がおかれており、モニタリングに関する事項は軽視されがちである。診断とモニタリングを区別することには異論があるかもしれない。しかし、モニタリングでは、図1に示すような双極誘導を用いることが多く<sup>1)</sup>、診断用の誘導法とは異なっている。また、モニタリング用の心電計は、基線の安定化をはかるため、時定数が1.5秒以下（診断用は3.3秒）に設定されており、その波形には若干のひずみが生じている。したがって、モニタリング用心電計で判読できる項目は、①心拍数、②不整脈、③STセグメントの3者が主なものであり<sup>1)</sup>、診断用心電図にくらべ制限を受ける。しかし、モニタリングでは時間経過が加味されるため、数少ない項目からでも、診断用とは異なった有用な所見が得られる。本稿では、上記の3項目に焦点を絞り、手術室および集中治療室での心電図モニタリングについて、現況と将来への展望を述べる。

## 1. 心拍数

現在のモニタリング用心電計は、R波を認識して心拍数を表示する。心拍数自体も重要な生体情報であり、その異常には原因の追求と対処が必要である。しかし、多くの場合、R波の頻度をそのまま記録してみても、図2-Aのように、特別なことは見い出せない。そこで、各々のR波の間隔を一律に700 msec ずつ短縮させてみると、図2-Bのように縞模様が見え出し、R-R間隔はあ

る周期をもって変動していることが分かるようになる。

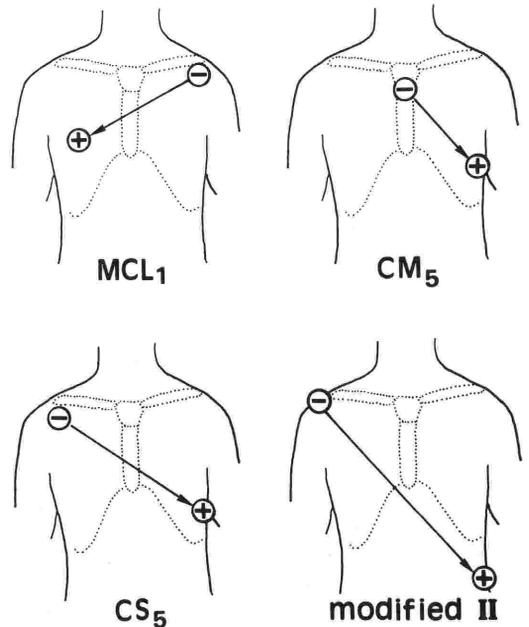


図1 モニタリングに使用される代表的な双極誘導

第II誘導変法(modified II, 仮称)以外の名称および利点は Thys and Kaplan<sup>1)</sup>による。C (central) は陰極を意味する。数字は陽極を意味し、単極胸部誘導の電極位置番号と一致する。

MCL<sub>1</sub> (modified central lead) : P波および不整脈の検出・判定に優れる。

CM<sub>5</sub> (central manubrium lead) : 心臓前壁の虚血性変化を察知するのに良い。

CS<sub>5</sub> (central subclavicular lead) : 心臓前壁の虚血性変化を察知するのに良い。

modified II (仮称) : 第II誘導に準じ、心臓前壁および下壁の虚血性変化を察知するのに優れている。

\*金沢大学医学部麻酔科

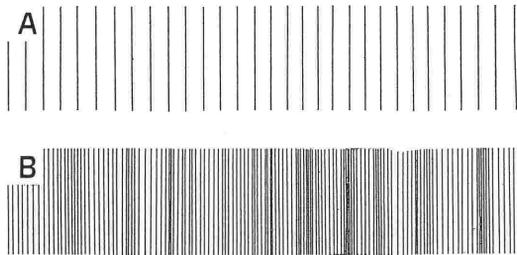


図2 平行線で表わした R-R 間隔

- A) R波が発生した時点をもそのまま直線で表現したもの。  
 B) R-R 間隔の変動を見やすくするため、各R波の間隔を一律に 700 msec ずつ短縮したもの。

R-R 間隔が変動する機序については、不明な点が少ない。しかし、アトロピンにより副交感神経を遮断したり、交感神経系薬剤であるイソプロテノールを投与すると R-R 間隔の変動が減少することなどから、自律神経系との関連は確実視されている<sup>2)</sup>。重症患者では、自律神経系に失調が生じていることもありえよう。したがって、重症患者を管理するにあたり、R-R 間隔のモニタリングから、有用な情報が得られるであろう。

上記の例としては、脳障害と R-R 間隔の関連をみた報告があげられる。Keroら<sup>3)</sup>は、脳死状態の小児について、連続した500個の R-R 間隔を検討したところ、変動幅が著明に減少していたと報告している。すなわち、正常な小児の R-R 間隔は平均値の上下 20-90 msec でゆれ動いていたのに対し、脳死状態での変動幅は 7.7 msec と有意に小さいことを見出ししている。同様の現象は成人でも認められており、脳圧の亢進により R-R 間隔の変動がすみやかに消失することや<sup>4)</sup>、脳障害の重症度と平行して R-R 間隔の変動性が小さくなること<sup>5)</sup>などが報告されている。

また、R-R 間隔の変動性減少は、心筋梗塞の予後や急性心停止の発生率に関連があるといわれている。Wolfら<sup>6)</sup>は、急性心筋梗塞で ICU 入室した176名の R-R 間隔の変動幅につき、分散(標準偏差の2乗値)を計測したところ、1000 msec<sup>2</sup> 以上の患者では死亡率が4%であったのに対し、1000 msec<sup>2</sup> 以下の場合の死亡率は16%と前者にくらべ有意に高いと報告している。Zbilutら<sup>7)</sup>も、急性心筋梗塞の疑いで入院した82名のうち、R-R 間隔の変動性が小さい患者では、心室細動のような致死性の出来ごとの発生しやすいく

を見出ししている。その他にも、R-R 間隔の変動性が低下している場合は、心室細動や心室頻拍などによる急性心臓死を来たしやすという報告が多い(文献8, 総説参照)。

R-R 間隔の変動は、まだ一般化したモニタリングの項目になっていない。しかし、前述したようなことから、採用する価値はあるだろう。現在までの研究では、R-R 間隔の変動を標準偏差(または分散)やエントロピーで表現するもの、さらにはパワースペクトル密度などで示すものがあり、表示方法が一定していない。また、磁気テープに記録した心電図をコンピューターに入れ直して計測するという、実際のモニタリングには不適当な方法が用いられている。しかし、R-R 間隔のモニタリングは、表示方法さえ決まれば、現在のエレクトロニクス技術で簡単に実現できるものであり、今後の検討が期待される。

## 2. 不整脈

高度の徐脈、心室頻拍、心室細動などの致死的不整脈は、時を移さず対処が必要である。これらの不整脈に対して現在のモニタリング用心電計は、警報を発することができるようになっている。また、最近では、心室性期外収縮を装置自体が認識して、それを表示できるものが開発されている。

1分間に1~2回の頻度で散発する発生源が固定した心室性期外収縮であれば、さしせまった危険は少ない。しかし、心室性期外収縮のうち、2個以上が連続して発生するペアーないしショートランと言われるもの、種々の波形が現われる多源性のもの、および R on T と呼ばれる受攻期に発生するものは、致死的不整脈に移行する危険が高い。病棟でのモニタリングでは、危険度の高い心室性期外収縮に対しても、装置自体が判断して警報を発することが望まれる。一方、不必要な警報や誤報は混乱を招く。上記の目的を持った不整脈監視システムは、1966年頃から研究が開始されており、1975年頃より実用化に移されている。実用化当初は false positive の警報が多く、あまり普及しなかった。しかし、最近では、信頼性のかなり高いものが開発されている。

また、致死的不整脈に移行し得るものとして、前述したものの他に、高度の房室ブロックがある。MCL<sub>1</sub> 誘導は P 波の検出に優れており、危険

な不整脈の発生が予想される場合の誘導法として推奨されている<sup>1)</sup>。しかし、P波はどうしてもノイズに埋れやすく、P波が関与した危険な不整脈に対して警報を発する機能に関しては、信頼性が十分であるとはまだ言えないようである。

なお、P波の検出には、食道誘導(図3)が優れている。現在のモニタリング用電気機器には、安全性に対する配慮が一応施されている。しかし、間違えて、安全性の低い装置や故障した機器に食道誘導の端子を接続した場合、重大な事故につながる危険性は、体表面誘導の場合より数段に大きい。すなわち、電極に異常電流が流れると体表面の場合より小さい電流で心室細動が発生し、接地が不良の電気メスを用いると食道火傷をもたらす危険がある。また、現行のモニタリング用心電計では、食道誘導のP波とR波を装置が識別できないという問題もある。このように、検討を要する点も無くはないが、食道誘導は、P波に関する不整脈のモニタリングを解決する一つの方法と考えられる。事実、食道誘導は、他の誘導にくらべて不整脈の検出率が高く、Katesら<sup>9)</sup>は、麻酔中の心電図モニタリングに際し、食道誘導の併用を推奨している。

### 3. ST セグメント

心筋虚血の発生は、しばしば生命を脅かす。麻酔中またはその直後に、心筋梗塞や冠動脈スパズムが発生したという報告は多い<sup>10)-14)</sup>。とくに、心筋梗塞の既応がある患者、なかでも冠血行再建術の術中および術後には注意を要する。

心筋虚血に際して、STセグメントが変動することは古くから知られており、麻酔中の場合は心筋虚血を認知できる最初の所見であることが多い<sup>10)</sup>。表1に示すように、虚血(梗塞)部位によって変化の現われる誘導が異なる<sup>15)</sup>。したがって、

心臓手術の場合、全ての標準四肢誘導とV<sub>5</sub>単極胸部誘導をモニタリングするよう勧めるむきもある<sup>1)</sup>。しかし、この場合、術野の関係から、V<sub>5</sub>誘導には消毒した電極を使用しなければならない。また、煩雑さという点も問題になろう。

心臓手術の麻酔に際して、われわれ(金沢大学麻酔科)は、多くの場合、modified II(図1)と呼びうるような誘導で心電図をモニタリングしている。この誘導は、心臓前壁および下壁の虚血性変化を比較的よく反映する。しかし、後壁の変化に対しては感受性が低い。いずれの誘導を用いるにせよ、1つの誘導で全ての虚血性変化を察知するのは無理である。われわれは、通常、modified IIによる1チャンネルのモニタリングにとどめているが、心筋虚血に注意する必要がある場合には、後壁をカバーする誘導を加えた2チャンネルのモニタリングが必要であろうと考えている。食道誘導は、後壁の虚血性変化を察知するのに優れており<sup>9)</sup>、心臓手術の術野を妨げない。しかし、前述したように、食道に電極を挿入する際には、安全性の配慮を怠ることができない。

近年、STセグメントの経時的推移から、予後の推定や患者の状態を把握しようという研究が進められている。Renziら<sup>11)</sup>は、経皮的冠動脈形成術(PTCA)後のSTセグメントの経時的推移と合併症の発生率を調査し、両者間に有意な相関を見出ししている。すなわち、PTCA後、STセグメントが直ちに元のレベルに復する場合は順調な経過をとるが、30分以上にわたって高い値を示す場合には、緊急の冠動脈バイパス術を要した症例が多いと報告されている。同様に、急性心筋梗塞ののち、変位したSTセグメントが早期に元のレベルに復するものほど、合併症の発生率が少ないことも見い出されている<sup>17)</sup>。また、中村<sup>18)</sup>は、一過性のST上昇を認める冠動脈スパズム患者89例中、26例(29%)に、心室頻拍、心室細動、心

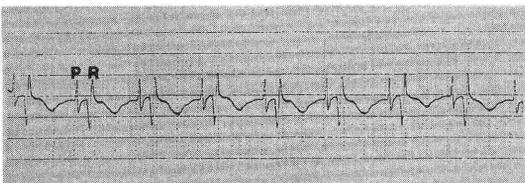


図3 食道誘導による心電図(44才女、正常)

陽極は鼻孔から35cmの食道内におき、陰極は胸骨柄前面の皮膚表面(CM誘導に相当)におき記録したもの。2相性の大きいP波が記録されている。

表1 梗塞部位を反映する誘導法

部位	誘導法
前壁	V <sub>2-6</sub>
下壁	aV <sub>F</sub> , (II, III)
側壁(左室)	I, aV <sub>L</sub> , V <sub>6</sub>
後壁	V <sub>1-2</sub> , (食道誘導)

文献15)より引用

停止を含む高度房室ブロックの既往を認めたと報告している。

ST セグメントの変化は、オッシロスコープを注視していても判定できよう。しかし、Kotrlyら<sup>13)</sup>やDoddsら<sup>14)</sup>は、麻酔中における心筋虚血のモニタリングについて検討した結果、ST セグメントのみを取りだしてその時間的推移を見る方法が、心電図そのものを注視する方法より、はるかに優れていると述べている。この方法は、病棟で患者を管理する際、さらに偉力を発揮しよう。

現在、モニタリング用心電計のなかには、マイクロコンピューターを組み込んで、ST セグメントのみを取り出し、その経時的推移を表示できるものが開発されている。図4は、ホルター心電計で記録されたST セグメントの変化である。上段は、冠動脈スパズムと診断された患者のもので、周期的にST セグメントの変動する所見が示されている。一方、下段に示す変化は、主として体位の変動によるものと考えられ、臨床的に意味のないものである。健康人を対象とした検討で、ST セグメントの変化には、30%近くのfalse positiveを認めたと報告がある<sup>19)</sup>。しかし、ST セグメントの経時的推移をモニタリングすることの有用性は高い。False positiveの所見をどのように処理するかが、今後の検討課題であろう。

#### おわりに

最近、モニタリング用心電計は、コンピュータ化により、急速に性能が向上してきている。今後、

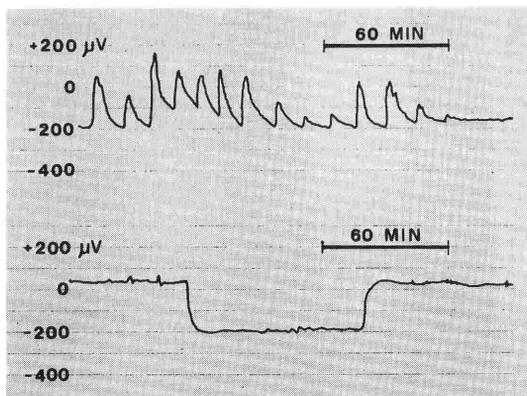


図4 ホルター心電計によるSTセグメントの経時記録  
上段=冠動脈スパズムによる変化(62才男)  
下段=体位による変化(52才男)

装置自体が識別した心電図上のパラメーターを分析・整理したうえ、2次データーまたはレポート形式で出力できるようにすれば、さらに有効なモニタリングが可能になる。また、特殊な誘導の安全性を高めるにはどうするか、false positiveをどう処理するかなどの検討も期待される。

#### 文 献

- 1) Thys, D. M., Kaplan, J. A.: Recent advances in electrocardiographic techniques. Kaplan, J. A. (ed): Cardiac anesthesia. Grune & Stratton, New York, p. 227-253, 1987.
- 2) Pfeifen, M. A., Cook, D., Brodsky, J., et al.: Quantitative evaluation of cardiac parasympathetic activity in normal and diabetic man. Diabetes 31:339-345, 1982.
- 3) Kero, P. M., Anila, K., Ylitalo, V., et al.: Decreased heart rate variation in decerebration syndrome. Pediatrics 62:307-311, 1978.
- 4) Lowensohn, R. I., Weiss, M., Hon, E. H.: Heart rate variability in brain damaged adults. Lancet 192:626-628, 1977.
- 5) Röse, W., Mühlnickel, B.: Untersuchungen zur Herzfrequenzvariabilität bei Patienten mit schwerer zerebraler Schädigung. Anaesthetist 35:142, 1986.
- 6) Wolf, M. M., Varigos, G. A., Hunt, D., et al.: Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. Med. J. Australia 2:52-53, 1987.
- 7) Zbilut, J. P., Lawson, L.: Decreased heart rate variability in significant cardiac events. Crit. Care Med. 16:64-66, 1988.
- 8) 竹内幹夫, 青池 修: R-R 間隔と麻酔. 臨床麻酔 12:1557-1564, 1988.
- 9) Kates, R. A., Zaidan, J. R., Kaplan, J. A.: Esophageal lead for intraoperative electrocardiographic monitoring. Anesth. Analg. 61:781-785, 1982.
- 10) Briard, C., Coriat, P., Commin, A., et al.: Coronary artery spasm during non-cardiac surgical procedure. Anaesthesia 38:467-470, 1983.
- 11) Tarhan, S., Moffitt, E. A., Taylor, W. F., et al.: Myocardial infarction after general anesthesia. JAMA. 220:1451-1454, 1972.
- 12) Rao, T. L. K., Jacobs, K. H., El-Etr, A. A.: Reinfarction following anesthesia in patients with myocardial infarction. Anesthesiology 59:499-505, 1983.
- 13) Kotrly, K. J., Kotter G. S., Mortara, D., et al.: Intraoperative detection of myocardial ischemia with ST segment trend monitoring system. Anesth. Analg. 63:343-345, 1984.
- 14) Dodds, T. M., Delphin, E., Stone, J. G., et al.: Detection of perioperative myocardial ischemia using holter monitoring with real-time ST segment analysis. Anesth. Analg. 67:890-893, 1988.
- 15) Goldman, M. J.: Principles of clinical electrocardiography. Lange Medical Publications, Califor-

- nia. (吉 利和, 宮下英夫訳, 金芳堂, 京都), p. 152-207, 1986.
- 16) Renzi, R. H., Bottner, R. K., Strong, S. L., et al.: Quantitative ST-segment recovery following angiographically successful angioplasty: a useful warning of early complications. *J. Electrocardiol. Suppl*:S27-S29, 1988.
- 17) Klainman, E., Sclarovsky, S., Farbstein, H., et al.: Natural course of electrocardiographic components and stages in the first 12 hours of acute myocardial infarction. *J. Electrocardiol.* 20: 98-101, 1987.
- 18) 中村元臣: 冠動脈スパスムの基礎と臨床. *日内会誌* 76: 1171-1187, 1987.
- 19) Armstrong, W. F., Jordan, J. W., Morris, S. N., et al: Prevalence and magnitude of S-T segment and T wave abnormalities in normal men during continuous electrocardiography. *Am. J. Cardiol.* 49:1638-1642, 1982.