

# 心臓ペーシングに関する研究

—不整脈制御用ペースメーカ及び自動除細動器—

牧 野 秀 夫

## Research for Cardiac Pacing

— Tachycardia control pacemaker and automatic defibrillator —

BY Hideo MAKINO

Nowadays, the number of patients with cardiac disease is getting higher and higher every year. In Japan, as of the last year, the number of patients who are using cardiac pacemaker is approaching 7,000. However, even in this serious situation, the clinical standards for cardiac pacemaker implantation for the suspected life threatening arrhythmia patient are not still settled clearly, and pacing method to control tachycardia is not acceptable enough. Therefore, it is required to establish a more reliable pacemaker implantation protocol and a high performance pacemaker. Under this background, this paper describes the basic consideration for cardiac pacing, and in particular, a safe observation method for cardiac stand-still before pacemaker implantation, reliable tachycardia control and defibrillation methods.

### I 序 論

近年、心臓病患者の数は増加の一途をたどり、本邦における心臓ペースメーカ植込み患者数は年間約7000人に達している。しかし現状ではペースメーカ植込みの判断基準が曖昧であり、また頻脈制御機能にも問題があるため、より確実安全に植込みの必要性を判定し、さらに多機能で高性能なペースメーカの開発が望まれている。本論文はこのような背景のもとに心臓ペーシングにおける基本的な問題の検討を行ない、ペースメーカ植込み時の心停止の観察、頻脈の制御及び除細動の問題に対象を絞り、それぞれの問題を解決するための検討を行ったもので、全8章から構成されている。

### II 心停止観察と待機ペーシング

第二章では、ペースメーカ植込み前に観察する必要のある心停止の発生状態に対して、それを安全に且つ繰り返し観察する手段について述べている。ここでは、心停止発生時の血圧降下状態を推定するための一つの手段として電子回路によるシミュレータを考案し、この方法が安全な範囲で心停止の際のペースメーカ待機時間を設定するために非常に有効であることが分かった。更に、心停止観察後に心室ペーシングにより虚血心筋の回復を早め、オーバードライブサブプレッションを防止するためのレート変更機能も必要であることが分かった。これらの機能を実現するために、シングルチップマイクロコンピュータを用いた心停止観察用待機ペースメーカを開発し、動物実験によりその

動作を確認した。さらに臨床応用を行い、安全に心停止の観察を行うことができた。

### III 不整脈に対する電氣的制御方法

第三章では、心臓ペースメーカにおいて、徐脈治療だけではなく頻脈制御及び除細動機能を実現するために、マイクロコンピュータ2台を用いて開発した体外式汎用心臓ペースメーカについて述べている。特に自動頻脈治療については、従来の頻回ペースングのみでは制御できない上室性の頻脈を対象とし、パーストパルスペースングを用いた制御の方法を検討した。すなわち、従来の心電図を用いた方法では、パーストパルスの影響により正確な心拍数の測定が困難になるため、あらたに血圧波形を利用した心拍数測定方法を考案し、パーストパルスペースング中においても頻脈の自動制御を可能とした。シミュレータ及び動物を用いた実験では、頻脈制御において、従来、人が行っていた操作時間よりも格段に早く調整が終了し、また血圧降下の際には直ちにペースングを中止し、心室細動の発生を防止して安全なデマンドペースング動作への移行が可能であることを確認した。同時に、細動発生時の除細動器の制御動作についても確認を行った。これらの結果から、心電図及び血圧波形を検出し、そのデータをマイクロコンピュータで処理した後、すばやく適切な電気刺激を加える方法により、徐脈のみならず頻脈、細動等の重篤な不整脈の有効な治療を行なうことが可能であることを明らかにした。

### IV 心室細動の検出と除細動方式

第四章では、現在臨床での検討が進められている植込み型除細動器の信頼性の向上とエネルギーの効率的な利用を目的に、細動検出方法及び出力回路の改良について述べている。具体的には、エレクトレットを利用した可変容量型血圧センサとカテーテル通電方式の電池式自動除細動器を試作し、動物実験に於いてその動作を確認した。試作した血圧センサは、最大6週間右室圧の変化を検出することが可能であり、また細動発生状態に於いては、正確に除細動器を動作させることができ細動検出用のセンサとして充分利用可能であることがわかった。さらに出力回路を改良した自動除細動器では、除細動後も出力用コンデンサの内部にエネルギーが残されているため、連続して細除動を行なう必要がある場合の再充電時間を25%短縮することができ

た。

### V 除細動後の一時ペースング機能

第五章では、植込み型除細動器に必要なペースング機能、特に除細動直後から高出力ペースングを行なう方法について述べている。簡単な回路で除細動後の高出力ペースングを実現するために、従来除細動時に内部放電されていたコンデンサのエネルギーに着目し、このエネルギーを利用したペースング出力回路を考案した。本装置を用いた動物実験結果から、従来の植込み型除細動器にわずかの回路部品を追加することにより、残余エネルギーを利用したデマンドペースング機能が実現可能であることが明らかとなった。

### VI 心臓の電気刺激による制御に関する検討

第六章では、開発した4種類の装置について、装置の構成あるいは臨床応用に対する問題の検討を行なった。まず心停止観察用待機型ペースメーカでは、待機時間を決定するシミュレータの4個のパラメータのうち1個の値を調整するのみで、臨床的には各心拍数に応じた待機時間をほぼ設定可能であることがわかった。

体外式汎用ペースメーカでは、血圧からの心拍数の検出方法について検討を加え、さらに設定した検出閾値を時間的に変更する必要性について述べている。

植込み型除細動器については、現に細動の検出方法において、開発した血圧センサと他の検出方法との比較を行ない、消費電力、寿命あるいは血栓等の点から本センサの優れた特徴を示し、同時に慢性実験時の故障の原因についても検討を行なった。また、一時ペースング機能を有する自動除細動器については、動物実験結果をもとに除細動後のペースング方法、必要なエネルギー、あるいは電極について検討を加え、残余エネルギーを有効に使用したペースング方法の利点および改良点について説明している。

### VII 今後の展望

第七章では、心臓ペースングにおける今後の展望という面から、現在まで開発を進めてきた装置を基に、汎用心臓ペースメーカ、マルチパルス除細動器および除細動・ペースング用電極について、その改良点と動作結果について述べている。

## Ⅷ 結 論

本研究では、アダムス・ストークス発作の原因となる心停止の安全な観察から、重篤な不整脈の一種である心室細動に対する除細動機能まで、一連の心臓ペースングに関する研究を行なった。その結果、不整脈の検出、認識および制御の諸問題に対し、工学的手法を用いることにより、安全かつ確実にそれらの問題を解決するための方法を示すことができた。本研究で得られた主な成果は、

- (1) 心停止観察用待機型ペースメーカーを開発し、失神発作や突然死などを予防しつつ、できるだけ長時間の心停止観察を可能とした。また本装置がペースメーカーの必要性判定や、薬理学的観察にも大きく貢献できる可能性があることを示した。
- (2) マイクロコンピュータ制御の体外式汎用心臓ペースメーカーを開発した。動物実験によって、心電図および血圧波形から自動検出する心拍数の変化に応じて徐脈、頻脈および細動に対する電氣的刺激が自動的に行

われることを確認した。

(3) 植込み型除細動器に対し、信頼性の向上と内部エネルギーの有効利用を目的として、簡単な構造でかつ消費電力の少ないカテーテル型血圧センサを開発し、臨床应用到に充分な利用価値のあることを明らかにした。さらに、除細動後の残余エネルギーを利用する新しいペースング方法を用いた自動除細動器を開発した。

以上、本研究の成果は新しい不整脈治療装置の臨床応用に向けて多くの知見を与え、生体医工学の分野に大きく貢献するものである。

## 謝 辞

本研究は北海道大学、三上智久教授の御指導のもとになされたものである。また、多方面にわたり御尽力いただきました、本学、阿部武雄教授、齊藤義明教授に心から御礼申し上げます。

(北海道大学、1986年12月25日)