心臓ペースメーカー植込み患者における電磁波障害 —電気メスとマイクロ波メス—

山本 誠己, 田伏 克惇, 坂口 雅宏, 下間 仲裕
南 浩二, 長濱 実穂, 有井 一雄, 岡 正巳

Electromagnetic Interference in Cardiac pacemakers. —Electrocautery and Microwave scalpel—

Seiki Yamamoto, Katsuyoshi Tabuse, Masahiro Sakaguchi, Nakahiro Shimotsuna
Kouji Minami, Miho Nagahama, Kazuo Ari and Masami Oka

Abstract

In Japan there are more than 15000 patients with cardiac pacemaker in a year. General surgical procedures in pacemaker patients have become common in recent years. General surgeon must have enough knowledge about surgical problem in pacemaker patients. It has been one of the important problem that the use of electrocautery sometimes interferes in the heart rhythm by pacemaker although there is no report, whether microwave scalpel has influence on the pacemaker rhythm or not. Recently we have alternately used electrocautery and new microwave scalpel (Blade type) on same patient during gastrectomy. In this paper, The influence of the electrocautery and microwave scalpel on the pacemaker function is reported respectively. It is demonstrated that a microwave scalpel has not influenced on the pacemaker rhythm as compared with electrocautery.

国立大阪南病院・外科
Department of Surgery, Osaka-Minami National Hospital

Key words : Microwave Tissue Coagulator (Blade type), Cardiac Pacemaker, Electromagnetic Interference.

はじめに

心臓ペースメーカー植込み術は本邦において年間15000例以上が施行されている¹⁾。これらペースメーカー植込み患者の一般外科手術を受ける機会が増加している。それゆえ、一般外科医もペースメーカー植込み患者の手術について十分な知識を持つ必要がある。特に電気メスの使用は時にペースメーカーリズムに干渉することがあり、一つの重要な問題とされている^{2,3)}。しかし、マイクロ波メスの心臓ペースメーカーへの影響についての報告はない。今回、著者らは胃癌手術に際して電気メスと従来よりの止血機能に加えて切開機能を有する新型マイクロ波メス (Blade 型電極)⁴⁾を併用する機会を得たので、電気メスとマイクロ波メスの心

臓ペースメーカーへの電磁波障害について比較検討して報告する。

対象と方法

1980年より1991年12月までに表1のごとく14例の心臓ペースメーカー植込み患者に対して計16回の一般・消化器外科手術を施行した。その内訳は男性10例、女性4例で、年齢は47歳から88歳、平均70.5歳であった。ペースメーカー植込みから手術までの期間は1日から3年9ヶ月、平均15.2ヶ月であった。手術対象となった疾患は胃癌4例、大腸癌3例、胆嚢癌2例、肝癌1例など全体の60%は悪性腫瘍に対する手術であった。以上の症例について電気メスとマイクロ波メスの使用の有無と使用時のペースメーカーリズムへの影響について検討した。

表1 心臓ペースメーカー植込み症例の一般・消化器外科手術例

症例	年齢	性別	ペースメーカー植込みを必要とした心疾患	ペースメーカーの種類	手術対象疾患	手術々式
1	67	♂	Sick sinus syndrome	体内植込み型	S状結腸癌	S状結腸切除術
2	54	♂	Wolff-Parkinson White 症候群	体内植込み型	胆石症	胆嚢摘出術 総胆管ドレナージ術
3	77	♂	Sick sinus syndrome	体内植込み型	胆石症 胃癌	胆嚢摘出兼総胆管ドレナージ術 胃全摘術
4	57	♀	完全房室ブロック	体外式	胃癌	胃全摘術
5	78	♀	完全房室ブロック	体内植込み型	盲腸癌の腹壁穿孔	ドレナージ術
6	75	♂	完全房室ブロック	体外式	十二指腸・結腸 浸潤を伴う胆嚢癌	胃腸吻合兼回腸横行結腸 吻合術
7	53	♂	完全房室ブロック	体内植込み型	肝臓 胆石症	左葉切除術 胆嚢摘出術
8	47	♂	Sick sinus syndrome	体内植込み型	胃癌 癌性イレウス	胃全摘術* 癌性剝離術**
9	79	♂	Sick sinus syndrome 僧帽弁閉鎖不全症	体内植込み型	左上腕動脈 塞栓症	塞栓摘除術
10	88	♂	完全房室ブロック	体外式	急性出血性 直腸潰瘍	直腸切断術
11	73	♀	Sick sinus syndrome	体内植込み型	横行結腸癌 回腸、子宮、腹壁浸潤	右結腸切除術 子宮全摘、回腸部分切除
12	86	♂	完全房室ブロック?	体内植込み型	絞扼性イレウス	回腸切除
13	82	♂	完全房室ブロック	体内植込み型	呼吸不全 胃癌	気管切開 胃全摘術
14	71	♀	徐脈性心房細動 連合弁膜症	体内植込み型	十二指腸浸潤を伴う 胆嚢癌	胆嚢摘出術 胃十二指腸部分切除術

* 初回手術, ** 再手術

表2 電気メス、マイクロ波メスの使用について

	使 用 頻 度	ペースメーカーリズムへの干渉
電 気 メ ス	3 / 16 例 18.6%	1 / 3 例 33.3%
マイクロ波メス	2 / 16 例 12.5%	0 / 2 例 0%

結 果

電気メスの使用例は16例中症例9, 11, 13の3例(18.6%)でその内1例(症例13)においてペースメーカーへの干渉が認められた。マイクロ波メスは肝切除に際して従来の針状型電極を使用した症例7を含め16例中2例(症例7, 13)12.5%に使用したがペースメーカーへの干渉はいずれも認められなかった(表2)。

電気メスとマイクロ波のメスの

closs over testを行えた症例(症例13)

患者症:82歳, 男性

主 訴:呼吸困難, 貧血

家族歴:特記することなし。

既往歴:1986年完全房室ブロックのため心臓ペースメーカー(VVI型)植込み術を受けた。1990年脳梗塞のため左片麻痺となった。1990年頃より慢性気管支炎として加療されていた。

現病歴:1991年5月1日より発熱があり, 5月10日呼吸困難を伴うようになり当院循環器科に入院, 貧血がみられたため5月17日胃内視鏡検査施行, 胃癌と診断され6月12日外科に転科した。

現 症:栄養状態不良 体格小, 血圧138/72mmHg, 脈拍67/分, 整(ペースメーカーリズム)緊張良好, 心音純, 呼吸音は粗糙で湿性ラ

音を聴取した。腹部は陥凹, 軟, 心窩部に腫瘤を触知した。

検査成績:白血球増加, 軽度の貧血がみられた(表3)。

胸部X線写真:右胸部にペースメーカーが植込まれ, 心陰影の拡大, 慢性気管支炎の像がみられた(図1)。

胃X線検査:幽門部を中心に巨大な癌腫が存在し, 横隔膜を介してペースメーカーリードが胃弓隆部に接しているのがみられた(図2)。

心電図所見:脈拍70/分前後の心室ペースメーカーリズムであった(図3)。

以上より7月2日全身麻酔下に胃全摘術を施行した。

術中心電図変化:麻酔導入より手術開始直後は術前同様のペースメーカーリズムであった(図4a)。電気メス使用によりペースメーカーリズムを若起し, 自己リズムによる補充調律がみられ, またセンシング不全もみられ, 明らかにペースメーカーリズムへの干渉が認められた(図4b)。そこでマイクロ波メスを使用し手術を続行したが, マイクロ波メスはペースメーカーリズムにはまったく干渉しなかった(図4c)。約30分後にはA-V junctional rhythmと考えられる自己調律となった(図5a)。そこで再度電気メスを使用したところ, ペースメーカーリズムの誘発がみられ, 自己調律とペースメーカーリズムが混在した状態となった(図5b)。マイクロ波メスはペースメーカーリズムと自己調律混在時にも影響を与えず(図5c), それ以後マイクロ波メスのみを使用して無事胃全摘術を終了した。

表3 検 査 成 績

RBC	$3.93 \times 10^6 / \mu\ell \downarrow$	TP	6.3 g/dℓ
Hb	11.8 g/dℓ ↓	ALB	4.0 g/dℓ
Ht	35.9 % ↓	T-Bil	0.63 mg/dℓ
PLT	$21.4 \times 10^4 / \mu\ell$	D-Bil	0.25 mg/dℓ
WBC	$12.9 \times 10^3 / \mu\ell \uparrow$	GOT	15 mU/ml
Stab	24.0 %	GPT	9 mU/ml
Seg	55.0 %	LDH	322 mU/ml
Eo	4.0 %	CH-E	0.28 ΔpH ↓
Lym	11.0 %	ALP	168 mU/ml
Mo	5 %	γ-GTP	28 mU/ml
Meta	1.0 %	LAP	40 mU/ml
		Amylase	83 mU/ml
Bleeding time	1 min 30 sec.	CPK	32 mU/ml ↓
PT	12.2 sec. 80 %	Ca	10.07 mg/dℓ
APTT	41.6 sec.	BUN	36.8 mg/dℓ ↑
Fibrinogen	337 mg/dℓ	Creatinine	1.05 mg/dℓ
Thrombo test	60 %	B・Sugar	112 mg/dℓ
Hepaplastin test	57 %	Na	141 mEq/L
		K	5.0 mEq/L
尿検査	正常	Cl	105 mEq/L
		Fe	61 μg/dℓ ↓
血液ガス分析		TIBC	193 μg/dℓ ↓
PH	7.416	CEA	2.6 ng/ml
PCO ₂	38.8 mmHg	CA 19-9	11.5 U/ml
PO ₂	89 mmHg		
HCO ₃ ⁻	25.2 mmol/ℓ		
BE	0.4 mmol/ℓ		
% sO _{2c}	97.0 %		

考 察

心臓ペースメーカー植込み術は本邦において年間15000例以上が施行されており、それらペースメーカー植込み患者が一般外科手術を受ける機会も増加している^{3,5,6)}。最近の手術室においてはモニター類をはじめ多数の電気医療器

機が使用され、医療器機間の電磁波障害が一つの重要な問題となってきている。特に心臓ペースメーカーへの電磁波障害はモニター類への障害と異なり患者の生命に直接的に影響を与えるため、より慎重な検討が必要である⁷⁾。電気メスの心臓ペースメーカーへの電磁波障害は患者の状態、ペースメーカーの種類、手術部位、電

図1 胸部X線写真
右胸部にペースメーカーが植込まれ、心陰影の拡大、慢性気管支炎の像がみられる。

図2 胃X線検査
幽門部に陰影欠損がみられ、横隔膜を介してペースメーカーリードが胃弓隆部に接している。

症例 13 心電図

図3 脈拍70/分前後の心室ペーシングリズムである。

図4 術中心電図1

電気メスの使用はペースメーカーリズムに干渉したがマイクロ波メスの使用による影響は見られなかった。

図5 術中心電図2

術中自己リズムの回復が見られ、再度電気メスを使用したところペースメーカーリズムの誘発がみられた。マイクロ波メスはペースメーカーリズムと自己調律混在時にも干渉しなかった。

気メスの種類、対極板の部位などにより全例にみられるわけではない。著者らも電気メス使用例3例中1例にペースメーカーへの干渉がみられたのみであった。しかし、時に心室頻拍、心停止、RonTの出現など重篤な病態を若起することが報告されている⁸⁻¹¹⁾。

今回使用した電気メスは放電熱を、マイクロ波メスは内部誘電加熱を手術に利用するものであるが、その周波数は電気メスでは数100KHz～数MHzの短波であり、一方マイクロ波メスは2450MHzの極超短波であるので誘電物質に対する電磁波の伝わり方や電界の与え方が異なる¹²⁾。電気メスの電磁波の波長は100～1000mと長いので高周波電流の帰路として対極板を必要とし、電気メス先端電極と対極板の間の人体に電流が広く流れることになり、心臓ペースメーカーへの干渉の可能性も当然高くなる。電気メス使用時における心臓ペースメーカーへの電磁波障害の原因として、低周波漏れ電流、メス先電極と生体との間の整流作用によって生じた直流成分や、電気メスの高周波電流が直接ペースメーカーに流れ込むことによるもの、電気メス使用によりペースメーカーリードに生ずる誘起電圧による障害などがあげられている¹¹⁾。一般的にはほとんどの心臓ペースメーカーには電磁波障害保護機構が備わっており、それらの電磁波に対してシールドされているはずであるが、時に電気メス使用がペースメーカーに障害を与えた場合にはペースメーカー側からは二通りの変化が考えられる。第一は電磁波障害保護機構が働き、マグネットレートと言われる固定レートとなる。第2にはペースメーカー器械自体に損害を与えた場合で、損害個所によりマグ

ネットレートになるか、最悪の場合にはペーシング停止になるといわれている¹³⁾。しかし、複雑なセンシング機構のある最近のペースメーカーにおいては著者らの症例のようにセンシング不全を主とする障害もある。原則として心臓ペースメーカー患者の手術に際しては電気メスの使用は好ましくなく、もし使用する際には次のような点に注意して使用すべきである。①連続使用しない(2～3秒以内)。②植込まれたペースメーカーおよびリードからできるかぎり離して使用する。③サージカルユニットと対極板との間のコードとペースメーカーの電極コードとは垂直にする。④対極板はペースメーカーから離し、術野に近い位置に貼る。⑤出力を下げるなどの注意点が指摘されている¹⁴⁾。

マイクロ波も同じ高周波であるためマイクロウェーブオープンなどによる心臓ペースメーカーへの電磁波障害は古くから報告されている^{15,16)}。

しかし、現在使用されているマイクロ波メスの心臓ペースメーカーへの影響についての報告はなく、今回の著者らの同一患者でのcross over testの報告が最初である。著者らの経験では針状電極型、新型メス(blade型電極)ともマイクロ波メスの使用は心臓ペースメーカーに対して影響しなかった。これはマイクロ波メスは電磁波の波長が12cmと極めて短く、電気メスのようにメス先電極と対極板との間の人体に広範囲に電流が流れるのではなく、マイクロ波メス先の限局された部分にのみしか電磁界はなく、また吸収されてしまうという特徴があるため、一定の距離をおいて使用する際には心臓ペースメーカーには影響しないものと考えられる。しかし、温熱治療器によりマイクロ波を照

射されたため、ペースメーカー機能が停止したとの報告もあるが¹⁷⁾、照射された電界内にペースメーカー本体が存在する場合にのみ生じるものであり、マイクロ波メスのように電磁界を集束、限局して使用するよう設計されている場合には問題とはならない。しかし、胸部の手術などでペースメーカー本体に接近してマイクロ波メスを使用する場合には、電磁波障害を若起する可能性も否定し得ず注意して使用すべきである。

おわりに

心臓ペースメーカー植込み患者に対する一般外科手術における電気メスとマイクロ波メスの電磁波障害について著者らの経験を中心に若干の文献的考察を加えて報告した。

文 献

- 1) 桜井靖久：成熟した治療技術 モダンメディシン, 89：83-86, 1989。
- 2) Erdman, S., Levinsky, L., Servadio, C., Stoupe, E., Levy, M. J. : Safety precautions in the management of patients with pacemakers when electrocautery operations are performed Surg Gynecol Obstet., 167 : 312-314, 1988.
- 3) Levine, P. A., Balady, G. J., Lazar, H. L., Belott, P. H., Roberts, A. J. : Electrocautery and pacemakers. Management of the paced patient subject to electrocautery Ann Thorac Surg., 41 : 313-317, 1986.
- 4) 田伏克惇, 山本誠己, 坂口雅宏, 下間伸裕 : Microwave 新型メス (blade 型電極) を用いた外科手術. 日本医事新報, 3557 : 37-40, 1992。
- 5) 黒河内信夫, 清野誠一 : ペースメーカーと麻酔. 臨床麻酔, 10 : 717-783, 1986。
- 6) 須藤峻章, 菖蒲隆治, 金沢秀剛, 椿本龍次, 藤井芳郎, 河村正生, 笠原 洋, 梅村博也, 白羽誠, 久山 健, 西岡孝純, 奥 秀喬, 城谷 均 : ペーシング下における開腹手術. Arch Jpn Chir., 55 : 597-608, 1986。
- 7) 豊島 健 : 心臓ペースメーカーの電磁障害. 心臓ペーシング, 4 : 276-287, 1988。
- 8) 表 哲夫, 並木昭義, 土肥修司, 高橋長雄, 大堀克己 : ペースメーカー植込み術中電気メス使用により心停止をきたした 1 症例. 麻酔, 10 : 1126-1129, 1981。
- 9) 栗野知子, 木山秀哉, 小山 薫, 長沢誠一郎 : 電気メスにより RonT がみられたペースメーカー使用例. 臨床麻酔, 9 : 181-183, 1985。
- 10) 木村智政, 山下晃史, 後藤康之 : 電気メス使用によりペースメーカー干渉をきたした 1 症例. 臨床麻酔, 9 : 1353-1356, 1985。
- 11) 志賀達哉, 後藤文夫 : 体外式ペーシング中, 電気メス使用によりみられた心律動異常. 臨床麻酔, 10 : 259-261, 1986。
- 12) 銭谷利男 : マイクロ波の誘電加熱とマイクロ波手術器の安全対策. J. Microwave Surg., 6 : 3-13, 1988。
- 13) 川田光三, 早川誠悟 : ペースメーカー中の電気メス使用 Clinician, 32 : 649-651, 1985。
- 14) 山村茂樹, 神谷和男, 林 睦子, 伊藤祐輔 : ペースメーカー装着者の麻酔管理 — 電気メスの使用について —. 北陸麻酔誌, 24 : 47-51, 1990。
- 15) King, G. R. : Effect of microwave oven on implanted cardiac pacemaker. JAMA, 212 : 1213, 1970.
- 16) Bonny, C. H., Rustan, P. L., Ford, G. E. : Evaluation of effects of the microwave oven (915 and 2450 MHz) and radar (2810 and 3050 MHz) electromagnetic radiation on noncompetitive cardiac pacemakers. IEEE Trans Biomed Eng., 20 : 357-364, 1973.
- 17) 会田 博, 清水 健, 坂本 滋, 白川尚哉, 金戸善之, 豊田恒良, 志波知彦 : 極超短波による EMI (Electromagnetic interference) のため作動停止したペースメーカー症例の検討. 人工臓器, 17 : 1192-1195, 1988。