

● 一般演題

診断用一般撮影装置が植え込み型デバイスに与える影響

大宮医師会市民病院内科 中島 博・内藤勝敏・房野隆文
 大宮医師会市民病院放射線科 和田 修
 長谷川利次

はじめに

半導体が放射線の影響を受けることは、人工衛星のトラブルなどでよく知られた事実である。ペースメーカー回路は CMOS (complementary metal-oxide semiconductor: 相補型金属酸化膜半導体) で構成されるが、当然放射線の影響を受ける。1980年代にペースメーカー類似の CMOS 回路に放射線を照射する実験が行われたが、診断で用いる放射線の吸収線量を 0.001 ~ 0.01 gray の範囲とすれば診断用放射線はペースメーカー回路には影響しないと結論づけられた^{1,2)}。

その後、約20年のペースメーカー回路と診断用放射線機器の進歩は目覚しく、マルチスライスヘリカル CT のように診断用放射線機器がペースメーカーに影響を与える事例が出現してきた。われわれは 1980 年代の Hardage ら¹⁾の実験結果を見直して、現在のペースメーカー回路がどの程度放射線の影響を受けるかの調査に着手した。今回はいままで影響を与えないとされてきた診断用単純放射線撮影装置が、ペースメーカー回路に与える影響を検討した。

1 方 法

1) 診断用単純放射線撮影装置は HITACHI 製 DHF-155H II を用いた。

2) ペースメーカー本体は、マルチスライスヘリカル CT で影響を受けることが判明している³⁾メドトロニック社製 InSync8040 と、同社製でマルチスライスヘリカル CT の影響が報告されていない KDR700 (Kappa700) を実験に用いた。

3) ペースメーカーは DDD (40~120ppm) 設定

表 1 照射条件

	KV	mA	msec	距離 (cm)
単純撮影				
P-1	80	200	100	100
P-2	90	320	320	100
P-3	120	160	25	200
P-4	120	160	80	200
P-5	120	160	250	200
P-6	120	160	500	200
P-7	120	200	16	200
P-8	120	200	50	200
P-9	120	200	100	200
P-10	120	200	200	200
P-11	140	100	16	200
P-12	140	100	50	200
P-13	140	200	16	200
P-14	140	200	50	200
ポータブル				
Pr-1	70	200	160	100
Pr-2	80	250	8	100
Pr-3	80	250	16	100
Pr-4	90	250	16	120
Pr-5	85	160	200	120
Pr-6	100	100	12	120

単純撮影、ポータブル撮影ともに臨床的にとりうる照射条件以外にそれより照射エネルギーが大きくなる設定を作成し照射した。

とし、心房は最高感度に設定した。

4) ペースメーカー近傍にテレメトリーヘッドを留置して連続的にマーカチャンネルを監視した。

5) ペースメーカー出力はレコーダー(日本光電製)に接続し、連続記録を行った。

6) 放射線撮影条件を表 1 に示す。照射条件は

表 2 実験結果

	機種				条件	Insync		KDR		
	KV	mA	msec	距離 (cm)		結果 1	結果 1	結果 2	結果 3	結果 4
A-1	120	400	50	200	×	s	s	s	na	na
A-2	120	320	320	200	×	s	s	s	s	na
A-3	120	240	500	200	×	s	n	n	na	na
A-4	120	200	500	200	×	na	n	n	s	na
A-5	140	200	50	200	×	na	n	n	s	na
A-6	140	200	80	200	×	s	s	n	s	s
P-1	80	200	100	100	腹部	na	n	n	na	na
P-2	90	320	320	100	腹部最大	na	s	s	na	na
P-3	120	160	25	200	胸部正面	na	n	n	na	na
P-4	120	160	80	200	胸部側面	na	n	n	na	na
P-5	120	160	250	200	×	na	n	n	na	na
P-6	120	160	500	200	×	na	n	n	na	na
P-7	120	200	16	200	胸部正面	na	n	n	na	na
P-10	120	200	200	200	×	na	n	n	na	na
P-11	140	100	16	200	胸部正面	n	n	n	na	na
P-12	140	100	50	200	胸部側面	na	n	n	na	na
P-13	140	200	16	200	胸部正面最大	na	n	n	na	na
P-14	140	200	50	200	胸部側面最大	n	n	n	na	na
P-8	120	200	50	200	胸部側面	n	n	n	n	na
P-9	120	200	100	200	×	na	n	n	na	na
Pr-1	70	200	160	100	腹部正面最大	na	n	n	na	na
Pr-2	80	250	8	100	胸部正面	na	n	n	na	na
Pr-3	80	250	16	100	胸部正面最大	na	n	n	na	na
Pr-4	90	250	16	120	胸部正面最大	na	n	n	na	na
Pr-5	85	160	200	120	腹部正面最大	na	n	n	na	na
Pr-6	100	100	12	120	胸部正面	na	n	n	na	na

n:影響なし, s:影響あり, na:実験を行わず

一般撮影, ポータブル撮影および影響の傾向を調べるために一般照射条件より大きな出力も設定して実験を行った。

2 結 果

結果を表2に示す。臨床的に設定しうる放射線単純撮影およびポータブル照射条件ではInSync8040, KDR700ともに影響を認めなかった。しかし、腹部肥満体ポータブル撮影条件では両者ともオーバーセンシングとなり、照射に一致して1拍が抑制された(図1)。

表3に影響があった各照射条件における放射エネルギーを推測する計算値を示す。この表か

ら放射線の影響の有無と撮影距離, 管電流, 管電圧, 照射時間との間に一定の関係は認められなかった。しかし, 仕事量, 仕事率, time products (mA×sec)を比較すると, time productsが大きいほど影響を受けやすい傾向が認められた。

3 考 察

ペースメーカー回路の進歩は, その小型化と長寿命という相反する臨床側からの要求を満たすべく進化してきた。ペースメーカー本体の大きさは電池容量に依存している。1980年代には長寿命を達成するためには大容量の電池の搭載が必要であった。現在のように小容量電池で長

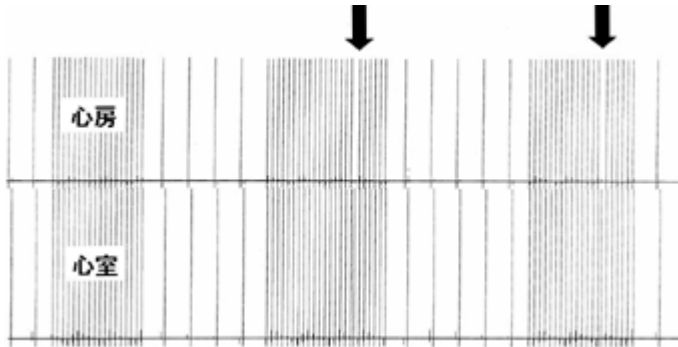


図 1 KDR700 のレコーダー記録

上段は心房、下段は心室スパイクが記録されている。↓の放射線照射に一致して心房のオーバーセンシングと心室のノイズトラッキングによるスパイクが記録されており、3回の照射で2回の影響が認められた。

表 3 影響が出た照射条件

	KV	mA	msec	W	J	mA × sec	距離 (cm)	条件
A-1	120	400	50	48000	2400000	20.0	200	×
A-2	120	320	320	38400	12288000	102.4	200	×
A-3	120	240	500	28800	14400000	120.0	200	×
A-4	120	200	500	24000	12000000	100.0	200	×
A-5	140	200	50	28000	1400000	10.0	200	×
A-6	140	200	80	28000	2240000	16.0	200	×
P-2	90	320	320	28800	9216000	102.4	100	腹部最大

P-2条件(ポータブル撮影腹部肥満体条件)ではInSync8040, KDR700ともにオーバーセンシングを認めた。

寿命化を実現するには回路内消費電流の大幅な削減が必要であった。そのようにして1980年代後半にはいくつかの小型ペースメーカーが出現した。その後、単純な刺激装置であったペースメーカーにホルター機能や不整脈の記録などの診断機能が付加されるにつれ、回路内消費電流の削減は不可欠の要素となっている。

一方、1980年代にBlamiresらは診断で用いる放射線の吸収線量を0.001～0.01 grayの範囲とした²⁾が、現在のマルチスライスヘリカルCTはすでにこの線量を上回っている。われわれが調べたシングルスライスヘリカルCTでもペースメーカーに影響が及ぶ可能性が示されており⁴⁾、すでにHardageらの基準¹⁾は現代には通用しないということが証明された。さらに今回の実験では放射線単純撮影装置もペースメーカーに影響することが示された。

放射線エネルギーは管電圧、電流、照射時間で既定されるが、シングルスライスヘリカルCT

の1回転分の放射線エネルギーは診断用一般撮影装置による照射量と近似している。したがって、今回の実験結果は当然の結果と考えられる。今回観察された影響はおそらく心電アンプに進入したノイズによるものと考えられる。この影響を臨床的にみた場合にはオーバーセンシングによる1拍のみの抑制であり、マルチスライスヘリカルCTのように明らかに人体に影響するものではない。しかし、ペースメーカー回路で放射線に影響を受ける可能性のある部位は心電アンプのみならずクロック回路も考えられ、マルチスライスヘリカルCTで報告されたリセットはこの回路に影響が及んだと予想される。したがって、1拍のオーバーセンシングは臨床的に問題がないからといった安易なペースメーカー回路への放射線照射は慎むべきである。

今回の実験ではペースメーカーへの影響が必ずしもエネルギーの大きさに既定されず、実験結果の再現性に乏しかった。この原因として、

ペースメーカー作動サイクルと照射タイミングの関係を一にすることができないため、影響が出るタイミングの時間的な確率が結果を左右したと推測される。現在のところ照射タイミングをペースメーカー周期に同期させる方法はなく、結果は定性試験的な評価と考えるのが正しいのかもしれない。

結 語

1) 1980年代にはペースメーカーに影響がないと結論された放射線一般撮影装置であるが、通常の照射条件でも影響を与える可能性が示された。

2) 今回観察された影響はオーバーセンシングによる 1 拍の抑制であった。

3) 今回の実験は診断用の放射線でもペース

メーカーに影響を与えることを示唆するものであり、ペースメーカー患者への安易な放射線照射は慎むべきである。

文 献

- 1) Hardage ML, et al. The pacemaker patient in the therapeutic and diagnostic device environment. *Modern Cardiac Pacing*. In: Barold SS, editor. New York:Futura;1985. p.857-73.
- 2) Blamires NG, Myatt J. X-ray effects on pacemaker type circuits. *Pacing Clin Electrophysiol* 1982;5:151-5.
- 3) 日本メドトロニック. X線CT装置等情報提供文書. http://www.medtronic.co.jp/crm/medical_prof.html
- 4) 中島博ほか. 放射線が植え込み型ペースメーカーに与える影響:新しい常識. *Ther Res* 2005;26:1869-72.

Effect of Diagnostic X-ray on Pacemakers

Hiroshi Nakajima¹⁾, Katsutoshi Naito¹⁾, Osamu Wada¹⁾,
Takafumi Fusano¹⁾, Toshitugu Hasegawa²⁾

¹⁾*Department of Cardiology, Ohmiya Medical Association's Hospital*

²⁾*Department of Radiology, Ohmiya Medical Association's Hospital*

This study was undertaken to investigate the effect of diagnostic X-ray on pacemakers. Plain radiographic X-ray equipment (HITACHITM, DHF-155H II) was used as radiation source. InSync8040 and KDR700 (Medtronic) were studied. The pacemakers, maximum sensitivity in DDD operation and pulse rate were 40 ppm, were connected to a recorder using cables that would not be affected by EMI, to observe during irradiation. Over sensing was observed during irradiation. This study suggested that diagnostic radiation could potentially influence to pacemaker operation. However, diagnostic X-ray irradiation is considered be safe for patients with pacemakers until now. It is thought that influence of X-ray is related development of pacemaker circuit. The effects were practically not significant clinical problems. In this study, the radiation dose not good correlated with effect. Radiation timing on the pacemaker cycle could integral to malfunction of pacemaker.