

## X線によるペースメーカーへの影響

廣瀬 稔

北里大学医療衛生学部臨床工学専攻

### 1. 背景・目的

X線装置は植込み型心臓ペースメーカーの機能には影響を与えにくい機器とされていた。

しかし昨年ペースメーカー植込み患者がX線CT検査中に、ペースメーカーに誤作動が生じたとの報告があり、その原因はペースメーカー内部にあるC-MOS回路へのX線照射による光電効果によるものと推察されている。そこで本研究は、同じX線を使用する単純X線撮影装置による影響の有無について検証し、安全対策について検討することを目的とした。

### 2. 方法

#### 1) 使用機器

植込み型心臓ペースメーカーは Kappa DR733 および Thera SR 8962i(メドトロニック社製)、Synchrony II Model 2022T(St Jude Medical 社製)で、単純X線撮影装置は東芝メディカル社製 Model TF-6TL-6 を使用した。

#### 2) 試験方法と判定方法

試験はVVIモードで行った。ペースメーカーと単純X線装置の管球との距離は1mとした。試験内容は抑制試験(ペースメーカーが設定レートで刺激パルスが発生している状態でX線を照射した時のパルス間隔の延長やパルスの抑制の有無の確認)と非同期試験(ペースメーカーが擬似心電位による心電位を感知し、刺激パルスを抑制している状態で、X線照射時にペースメーカーから不必要なパルスの発生の有無の確認)を行った。影響の有無の判定方法はそれぞれの試験中に1回でも異常が発生した場合は「影響有り」とした。また、再現性があることも確認した。

#### 3) X線照射部位と照射条件

ペースメーカーの機種名の記載されている面を表側とし、裏側、バッテリーが有る面、そしてバッテリーが無い面をX線で照射し、X線の照射方向に違いを確認した。この時は、それぞれのペースメーカーのセンシング感度は最高感度に設定し、X線装置が持つ最高値の管電圧120kVおよび管電流が320mAで照射しました。また単純X線撮影装置の撮影条件の違いによる影響について、管電圧を60~120kV、管電流を200,250,320mAと変化させました。最後にペースメーカーのセンシング感度の違いによる影響について確認した。なお、X線照射時間は10msである。

### 3. 結果

#### 1) 影響の有無

Kappa DR733 および Thera SR89625S では抑制試験において影響が発生したが、非同期試験では影響は発生しなかった。Synchrony Model 2022Tでは、抑制試験、非同期試験のいずれも影響が発生しなかった。

図1にKappa DR733の抑制試験で影響が発生(ペーシングパルスの抑制)した時の例を示した。上段の矩形波はX線照射開始時のタイミングを、下段はペーシングパルスの発生状況を示した。本来自己の心電位が無い場合は赤字で示すP3の位置にペーシングパルスが発生するがP2とP3の間でX線が照射されたときに抑制されている。また次のペーシングパルスはX線照

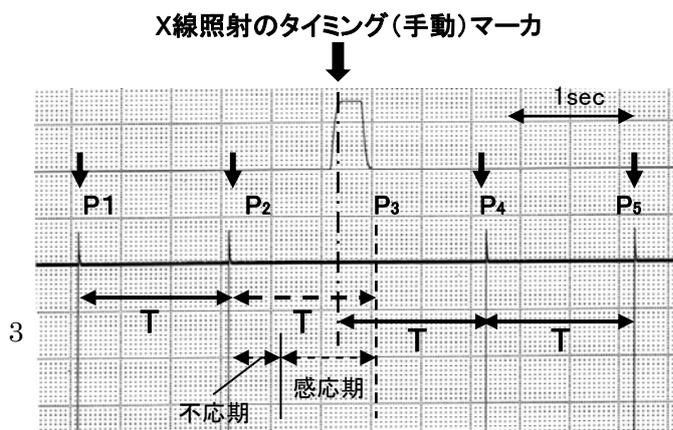


図1 パルスの抑制状態

射のタイミングから設定しているペーシング間隔  $T$  をもって P4 の位置に発生している。すなわち、機種により影響の有無が異なり、影響はペーシングパルスの抑制が起こることが分かった。また、影響はペースメーカーの感応期に X 線が照射された時のみ発生することが分かった。

#### 2) X 線照射方向と X 線発生条件による影響

Kappa DR733 では表、裏、バッテリーなし側で影響が発生し、Thera SR 8962i では表側のみに影響が発生した。この発生は管電流を高くするほど、低い管電圧でパルスの抑制が起きていることが分かった。すなわち X 線照射方向および管電圧、管電流および依存していることが分かった。また機種により異なることが分かった。

#### 3) センシング感度の違いによる影響

センシング感度が高いほど、低い管電圧・管電流でペーシングパルスの抑制が起きていることが分かった。すなわち影響の発生はペースメーカーのセンシング感度に依存することが分かった。

### 4. 考察

#### 1) 考えられる発生原因と部位

今回の実験から単純 X 線撮影でも X 線 CT 同様にペーシングパルスの抑制が起こることが分かった。これも、ペースメーカー内の心電図増幅器にある C-MOS に X 線が照射された時に起こる光電効果により不要な電流が流れ、自己心電位として認識したために発生したものと考えられる。

#### 2) ペースメーカー開発年度との関係

現在市販されているペースメーカーは 30 年前より C-MOS 回路が使用されている、最近になって X 線の影響が報告された。この間 C-MOS 回路の開発・技術が進歩して

いることから、使用する C-MOS 回路の種類によって異なると考える。また 3 種類の植込み開始年度で考えると、新しい機種ほど X 線の影響を受けやすいものと考えられる。

#### 3) 臨床上の問題点

X 線照射のタイミングがペースメーカーの感応期に照射された時に影響が発生した。これは心室細動に繋がるような不必要なペーシングパルスの発生ではなく、ペーシングパルスの単発の抑制であることから、臨床上大きな問題は無いと考える。その影響を少なくするためには、患者の両腕を挙上させペースメーカー位置を X 線部位から外す、必要があれば心電図をモニタし出来る限りペースメーカーの不応期で照射する、患者には異常発生の可能性を告げるなどの安全対策が必要と考える。

#### 4) メーカーへの提案

ペースメーカーの高機能化に伴い省電力化のために、今後も C-MOS 回路が使用されると考える。そのためメーカーへの提案として C-MOS 回路外部の X 線遮蔽などの対策や、今後 C-MOS 回路に替わる X 線に強い半導体の研究・開発および導入も検討する必要があると考える。

### 5. 結語

今回、X 線による植込み型心臓ペースメーカーへの影響を検証した結果、単純 X 線撮影時でも影響を引き起こすことが分かった。影響の有無はペースメーカーの機種によって異なり、発生した影響はペーシングパルスの抑制(オーバーセンシング)であった。その影響は X 線の照射方向、X 線装置の管電圧、管電流、ペースメーカーのセンシング感度にそれぞれ依存することが分かった。