

## 電気メスによる植込み型心臓ペースメーカーに対する 電磁干渉シミュレーションモデルの構築

○吉田冴子<sup>1)</sup>、根武谷吾<sup>2)</sup>、藤原康作<sup>3)</sup>、佐藤英介<sup>4)</sup>、廣瀬 稔<sup>1)3)</sup>

1) 北里大学大学院医療系研究科医療工学群医療安全工学

2) 北里大学大学院医療系研究科医療工学群電子工学

3) 北里大学医療衛生学部医療工学科臨床工学専攻

4) 北里大学医療衛生学部医療工学科診療放射線技術科学専攻

### 背景

電気メスは、植込み型心臓ペースメーカー(以下、ペースメーカー)に電磁干渉を発生させると言われているが、外科手術には必要不可欠なものであるため、実際には心電図を確認しながら使用される場合が多い。ペースメーカーへの電磁干渉を調査する際、携帯電話や IH 調理器などの変動磁界による電磁干渉については Irnich の生体モデルを用いて実験することが可能である。しかし、電気メスや体脂肪計などの伝導電流による電磁干渉を検討する場合には、対極板や電極などを Irnich モデル内に設置することが困難であるため、また、Irnich の生体モデルが生体の電気伝導特性を模擬しているとは言い難いため、他の方法を用いる必要がある。

### 目的

本研究では、複雑な生体構造の模擬が可能な有限要素法(FEM: Finite Element Method)を用いた電磁干渉評価法を提案し、電気メス出力中のシミュレーションモデル内から測定された電位分布と比較、検証し、有限要素法の有用性を検討した。また、どのような条件で電磁干渉が発生するかシミュレーションモデルで検証することを目的とした。

### 方法

#### 1)使用機器

電気メスは ESU-123(アロカ株式会社)を使用し、切開モードに設定した。電極はモノポーラおよびバイポーラを使用した。ペースメーカーは Adapta(Medtronic.Inc)を使用し、設定条件は、VVI モード、感度 1.0mV、刺激レート 60ppm とし、電極はユニポーラとした。

#### 2)モデルの作成

Irnich のモデルを参考にして、水槽(400×270×95mm)にペースメーカーを設置し、0.18wt%の食塩水を含んだ寒天を充填した人体胸部模擬ファントムを作成した。このファントムを X 線 CT で撮影し、193 スライス(2mm ピッチ)の画像データを用いて 3 次元 FEM モデルを構築した。

#### 3)解析

電気メスから出力 10W で出力、電流(256mA、515kHz)を流し、ペースメーカーの電極間にかかる電圧と、ファントム内に設置した検出用電極 18 個の各電位を測定した(Figure 1)。さらにこれらの測定値と、FEM モデルから解析された結果を比較・検討した。また、電気メスの出力を変化させ、電磁干渉発生時の出力とペースメーカー電極間の電位差を測定し、解析結果と比較した。

**結果**

構築した FEM モデルの要素数は 1,089,138、節点数は 218,970 であった (Figure 2)。電流解析を行うと、ファントム内を電流が拡散して流れ、対極板に回収されることがわかった。電圧の実測値と FEM による解析値との比較結果では、各電位がほぼ一致し、最大誤差は 20%、平均誤差は 9.7%±5% であった。電気メスがモノポーラの場合、出力が 17W 以上になると電磁干渉が発生した。一方、バイポーラでは、電磁干渉は発生しなかった。

**考察**

電気メスの取扱説明書にはペースメーカー植込み患者への使用は避けること、やむを得ず使用する際には十分に安全であることを確認した上で使用するよう警告されている。今回の実験では、電気メスがバイポーラの場合にはペースメーカーへの影響は少なかった。これは、バイポーラの場合、高周波電流が拡散せず、2 つの電極の間だけに電流が流れているためだと考える。このため、ペースメーカー植込み患者に対してバイポーラ型電気メスを使用しても、電磁干渉が生じない可能性が高いと言える。一方、電気メスがモノポーラの場合、特にペースメーカーの先端電極がメス先と対極板の間にある場合には、ペースメーカーに高電圧が加わり電磁干渉を発生させやすかった。FEM モデルによる解析を行うと解析結果が実測値に近い値を示したことから、FEM モデルによる電磁干渉の検証が有用であることがわかった。今後は、同様にして生体の X 線 CT 画像から人体 FEM モデルを作成することで、動物や検体などを用いずに詳細な電

磁干渉を検討することができると考えられた。

**結語**

FEM モデルを用いた電磁干渉評価モデルを作成することができ、このモデルは、電気メスによるペースメーカーに対する電磁干渉の評価法として有用であった。

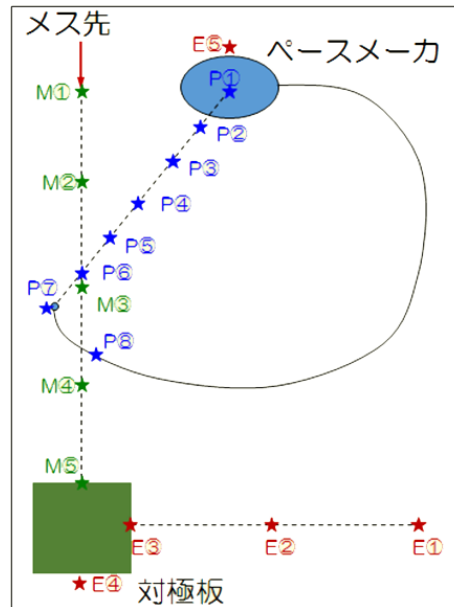


Figure 1 測定用電極の位置

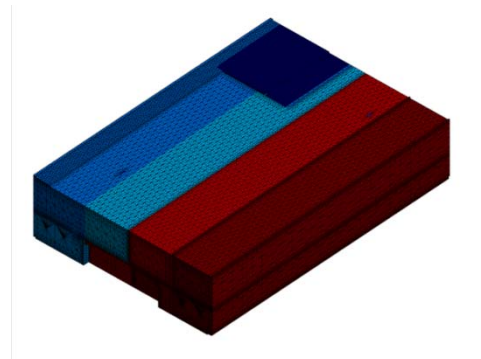


Figure 2 有限要素モデル