

電気メスに関する従来型凝固モードとソフト凝固モードの 出力特性の実験的検討

井川 匠成, 大崎 進之介, 中嶋 毅徳, 畑 勝也
大阪ハイテクノロジー専門学校 臨床工学技士科

要旨 : 現在多くの症例で使用される電気メスは, 切開・凝固機能を調整するために設定の変更が行われるが, 同機器・同症例の手術に対して, 術者の好みにより設定値が異なるといった現状を抱えている. その背景として, 設定値と止血能との詳細な対応についての検討不十分が主要因として挙げられる. 本研究ではこれまでに 1000[Ω]までの無誘導負荷抵抗の特性及び試験片での実験しかされていないことを踏まえ, 従来型の凝固モード(standard 凝固モード)と低電圧・連続波方式による凝固モード(soft 凝固モード)との止血作用の比較を電気回路での 2000[Ω]までの特性, 及び生体ブタを用いた臨床実験より試みた.

Keywords : 電気メス, soft 凝固, 生体ブタ

1. 緒言

医療現場では手術時に患者の特定の部位を切開する際, 刃物製のメスによる切開だけでなく電気メスを用いた治療が世界で使われており, 現状の医療において電気メスは必須の医療器具となっている. 電気メスとは通常のメスによる切開とは異なり, 切開機能と止血機能を同時に行うことができるため, 術中時間の大幅な短縮ができ, 出血量を抑えることができる. また, 電気メスそのものの開発も進んでおり, ソフト凝固法といった止血部位への傷害を抑えた凝固法が生み出されるなど, ますます医療での活躍が期待されている. 電気メスは物理的な作用ではなく, 通電することでジュール熱を発生させ, 対象物の切開及び凝固を行う. 出力方法としては火花を伴って放電するアーク放電が用いられることが多く, この時に発生する熱を利用して図 1-1 に示すような原理で切開・凝固が行われる. 電気メスはこれらの作用を駆使して切開部の迅速な止血を行うことが可能となっている.

現在多くの症例で使用される電気メスは切開・凝固機能を調整するために設定値の変更が行われるが, 同機器・同症例の手術に対して, 術者の好みにより設定値が異なるといった現状を抱えている. その背景として電気メスの開発は進んでいるが, 設定値と止血能との詳細な対応についての検討不十分が要因として挙げられる. 本研究ではこれまでに 1000[Ω]までの無誘導負荷抵抗の特性及び試験片での実験^[1,2]しかされていないことを踏まえ, 電気メスの二つの作用の内, 止血作用に関わる凝固作用に注目した. 従来型の凝固モード(standard 凝固, forced 凝固)と soft 凝固モードとの止血作用の比較を①電気回路での 2000[Ω]までの特性 (実験 1) ②生体ブタを用いた臨床実験 (実験 2) より検討を試みた.

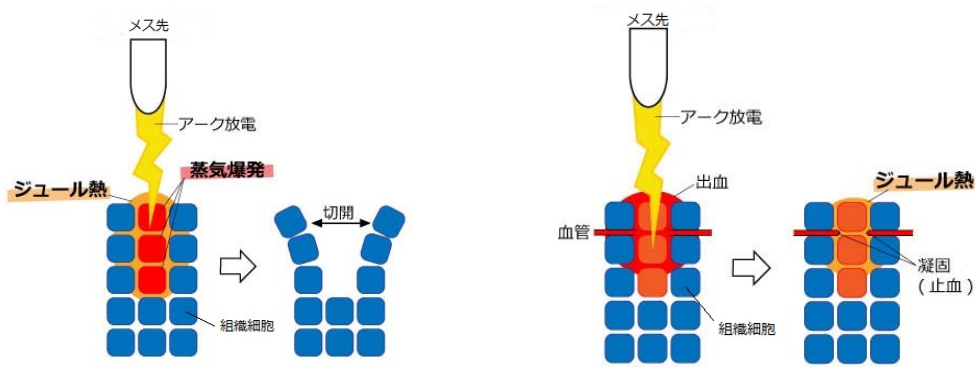


図 1-1 電気メスの一般的な作用原理

2. 方法

従来型電気メスとして CONMED 社製 Excalibur PLUS PC, ソフト凝固を搭載している電気メスとして ERBE 社製 VI0300D を用いた. 実験 1 では電気メスアナライザ(泉工医科工業社製, ESA-225)による, Excalibur PLUS PC の凝固モード(standard 凝固), VI0300D の凝固モード(soft 凝固・forced 凝固モード)で設定値 40[W] を固定とし, 無誘導負荷抵抗 50~2000[Ω] 条件下で, 出力値[W], 出力電流値[mA], 出力電圧値[V] を測定した. 実験 2 では, 生体ブタを用いて肝組織に刃物製メスによる 5mm 深切開を行い各凝固モードでの止血時間, 組織の炭化及び組織周辺温度の比較を行った.

3. 結果

電気回路での実験 1 の測定結果を示す. 図 2-1 より, 出力測定結果[W] のグラフから, soft 凝固モードでは他のモードと異なり抵抗の上昇に伴い出力値の減少が確認できた. また出力電流測定結果[mA] より各凝固モードに大きな違いが認められず, 出力電圧結果[V] では他の 2 つの凝固モードに対して soft 凝固モードの出力電圧の値及び増加率が低いことが確認できた.

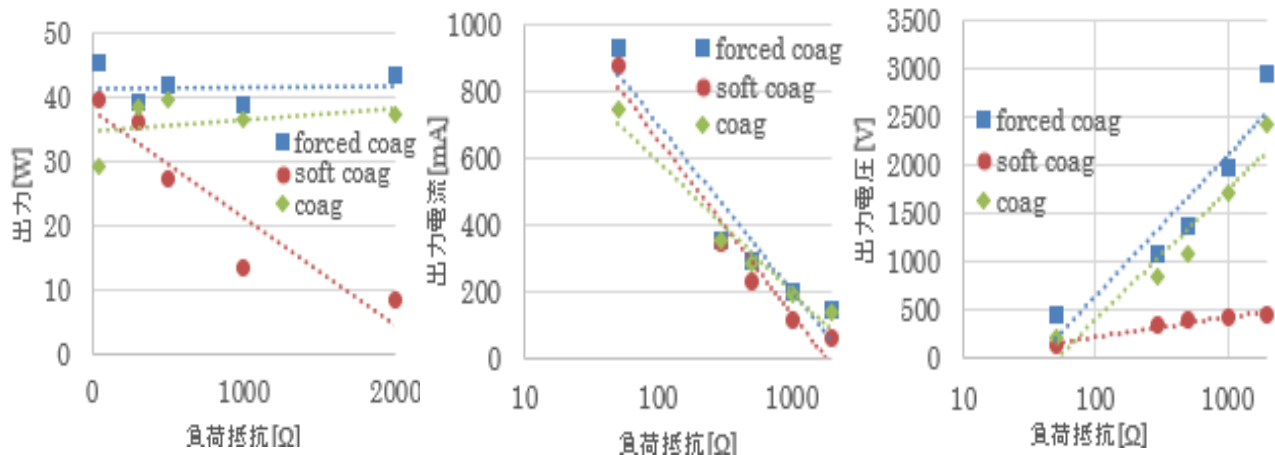


図 2-1 各モードでの各出力測定結果 (左から[W][mA][V], coag とは凝固モードのことを示す)

また, 図 2-2 に生体ブタを用いた実験 2 より得られた, 止血時間及び熱の周囲への広がり方について各モードによる違いの結果を示す. 左側の図がサーモグラフ, 右側が実際の肝組織を撮影したものである.

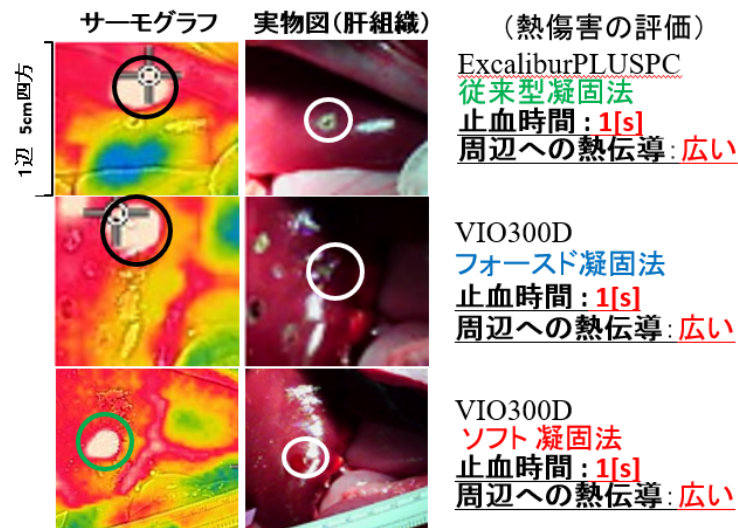


図 2-2 生体ブタにおける各凝固モードでの熱障害の様子

4. 考察

実験 1 について、まず図 2-1 の左側のグラフの青点線に示す forced 凝固モードと緑点線に示す standard 凝固モードに注目すると、同等の出力特性が得られていることが確認できた。一方、赤点線に示す soft 凝固モードに注目すると負荷抵抗の上昇に伴って出力値が減少していることが確認できる。

この自動制御が何に起因しているのかについて図 2-1 の中央に示すグラフで確認すると、各凝固モードにおいて大きな違いが認められず、モード毎の出力電流の大きな違いはないことが確認できた。つまり、「soft 凝固モードの自動制御は電流由来ではない」ことが確認できた。そこで、図 2-1 右側に示す抵抗-電圧特性について比較した結果をみるとソフト凝固の出力電圧値が他の凝固モードに比べて、負荷抵抗の増加に対する増加が少ないことが確認できた。これは、soft 凝固モードの特徴の一つである、低電圧出力による非放電性の凝固法が行われていることがこの特性図から確認することができた。

以上より、soft 凝固モードは抵抗値の上昇に伴って出力値が制御されていることが、2000[Ω]までの範囲において実証的に確認することができた。実験 1 の結果を踏まえると、①soft 凝固モードは抵抗値の上昇に伴い出力が制御されている②soft 凝固モードは低電圧出力による非放電性の凝固法であることが、2000 [Ω]までの測定を行うことでより組織炭化モデルに近い条件で確認することができた。

次に実験 2 についてであるが、まず図 2-2 上段の soft 凝固モードでの止血後の肝組織の様子から判るように、丸の枠線で示した直接メス先を当てた止血部位には目立った傷害が外見からは確認できなかった。一方、中段や下段に示す二つの凝固モードでは黒く焦げた、つまり炭化した様子が確認できた。

以上より、凝固モードによる止血時間及び組織周辺温度の広がり方については差が認められなかったが、組織の炭化の有無については soft 凝固モードのみ炭化させることなく凝固させることが可能であることが確認できた。

5. 結語

電気回路実験において 2000[Ω]までの測定条件では、soft 凝固モードでは対象物の抵抗値の上昇に伴い出力が制御されていること、soft 凝固が低電圧出力による非放電性の凝固法であることを確認した。生体ブタでの実験より soft 凝固モードが standard 凝固モードと異なり、同程度の止血時間で肝組織を炭化させることなく止血させることが可能であることを示唆した。

生体ブタの肝組織への出血部位の止血は認められなかったが、凝固部位の炭化が認められなかったのは

soft 凝固モードのみであったことが確認できた。

今後の課題として、各凝固モード出力設定の標準化の為に①出力毎、各組織での「組織表面からの熱の広がり方の測定（深度測定）」「適正出力値の測定（組織傷害の有無）」の測定の実施②他の電気メス機器での比較可能か否かの更なる検討を行いたいと考える。①については、組織の表面からどのくらいの深度まで熱が広がるかなどの検証をすることによって、表面のみでの凝固なのか、或いは深部まで熱を伝えることで得られるより確実な凝固なのか等を検証し、出血量毎に対してどの程度の出力設定値が組織障害を起こすことなく確実な凝固が得られるのか確認することを目的にしたいと考える。また、②については、①までを踏まえた検証を様々な凝固モードについても行いたいと考えている。

謝辞

本実験で生体ブタを用いた外科的手技の訓練の見学などの協力をして下さった、大阪大学国際医工情報センターに所属されている中島清一特任教授、ご支援下さったチームの皆様に心より御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 前田彩子, 他: ソフト凝固における出力設定の標準化—VIO300D の院内基準を目指して—(2013)
- [2] 血管シール用の新しいバイポーラ技術, *clinical engineering*, Vol.12, No.3 (2001), 214-218