

ソフト凝固における出力設定の標準化—VIO300 の院内基準を目指して—

前田彩子¹⁾ 池岡一彦¹⁾ 川村研二²⁾ 森下貢成¹⁾ 石島宏彰¹⁾

高橋真人¹⁾ 藤森利一¹⁾ 丑谷健次¹⁾ 菅幸大³⁾

¹⁾ 恵寿総合病院 臨床工学課 ²⁾ 恵寿総合病院 泌尿器科

³⁾ 金沢医科大学 泌尿生殖治療学

【要約】

ソフト凝固は、電圧を低く設定することにより放電を抑え蒸散と炭化を生じにくくさせ、蛋白変性により確実に止血する事ができる凝固方法である。

今回、豚肉を用いソフト凝固のエフェクト(電圧)と時間による凝固範囲と深度の変化を調べ、凝固モードの適正出力と凝固時間について検討した。

エフェクトが高い場合は、凝固は浅い層のみに形成され、エフェクトが低い場合は、より深く熱が伝えられより深い層まで凝固された。オートストップモードでは、エフェクト4以上では4秒以下で凝固が完成した。ソフト凝固で一定の凝固範囲と深度を得るために、モノポーラ・ボール型電極ではエフェクト7のオートストップモードを院内標準と決定した。

標準化された設定で前立腺全摘除術を行い4例の出血量の平均は130mlであり、標準化設以前の症例と比べて(14例:276ml)、出血量の減少を認め、良好な止血効果が得られた。

進歩し続ける最新機器を使いこなすためには、手術時に機器設定を変更するのではなく、基礎実験により得られたデータを基に院内標準モードを設定することが重要であることが認識された。

【はじめに】

当院では2010年8月よりERBE社製電気メスVIO300Dを導入し、泌尿器科や消化器外科の手術に使用してきた。VIO300Dではソフト凝固モードが使用できる。ソフト凝固は、コンピュータ制御により電圧が200Vを超えないように設定されており、放電しないため、ジュール熱のみ発生して100℃以下でタンパク質を変性させる凝固方法である¹⁾³⁾。そのため炭化組織の脱落による後出血の可能性は、理論上はないとされている¹⁾。また、組織のタンパク変性は、比較的ゆっくりおこるため、深部までしっかりと凝固層の形成が可能とされている¹⁾。

当院では、VIO300D導入時に他院の設定を参考に凝固の設定値を決定していた⁴⁾。しかし、術中の凝固範囲と深度が明確では無く、より適切な凝固層の形成のために、ソフト凝固モードの出力と時間による凝固範囲と深度の変化を認識すべきと考えた。

今回、豚肉を用いてソフト凝固モードの適正な出力と凝固時間について検討したので報告する。

【対象と方法】

1. 豚肉を用いた基礎実験によるソフト凝固の院内標準モードの設定

25-30℃に暖めた豚肉ブロックを使用し、加温生理食塩水で表面を加温した。モノポーラ・ボール型電極を使用し、エフェクト(電圧)を1~8の範囲、凝固時間をオートストップモード、5秒、10秒で設定し、それぞれ凝固範囲、凝固深度、周囲温度(中心から5mm、10mm)を測定した。周囲温度は、ボール電極を組織から離れた直後に測定した。それぞれの設定で5回実験を繰り返し、平均値を測定結果とした。

2. 前立腺癌手術への院内標準モードの適応

平成25年1月、早期前立腺癌に対して前立腺全摘除術を行った4例に対し、上記実験で決定した院内標準モード(オートストップ エフェクト7)を使用して、モノポーラ・ボール型電極を用い手術を行った。標準化以前の凝固設定は、エフェクトを4~8の間で、凝固状態を医師が術中に判断しエフェクトを変更していた。凝固時間は、医師の判断でスイッチのオン・オフ操作で行っていた。

ソフト凝固を使用した部位は、浅陰茎背静脈、前立腺尖部と尿道切断時の出血、中心静脈からの出血、前立腺側方からの血管群の処理における出血、膀胱頸部の静脈叢の処理、恥骨からの出血等であった。前立腺全摘除術時の出血量を計測した。

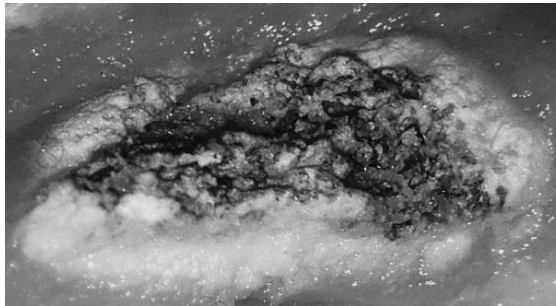
図 1 豚肉を用いた凝固モードの種類による凝固状態の変化

上段のスプレー凝固は高電圧による蒸散と炭化が生じている。

下段のソフト凝固では、蒸散と炭化が生じていない。蛋白変性による凝固である。

拡大図は、豚肉の毛細血管内の血液の凝固と思われる。

スプレー
凝固



ソフト
凝固

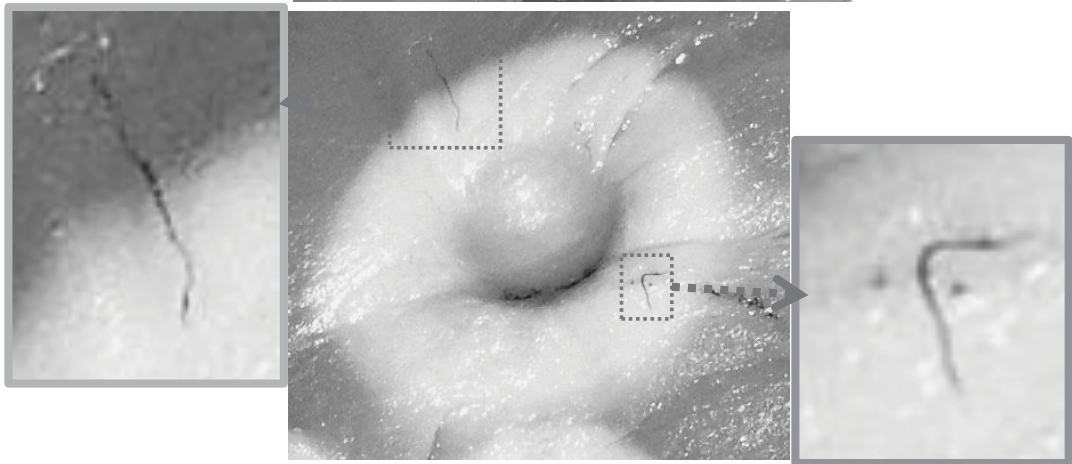


表 1 エフェクトと出力時間の変化による凝固範囲

	直径 (mm)		深度 (mm)	
	5 秒	10 秒	5 秒	10 秒
エフェクト 4	13.6	16.1	2.9	4.2
エフェクト 6	12.1	14.4	2.1	3.3
エフェクト 8	11.2	12.2	2.1	2.0

表 2 エフェクトと出力時間の変化による周囲温度

	周囲 5mm の温度		周囲 10mm の温度	
	5 秒	10 秒	5 秒	10 秒
エフェクト 4	64.1	77.5	34.2	41.5
エフェクト 6	58.4	74.2	32.0	40.0
エフェクト 8	59.7	71.6	33.4	39.4

(mm)

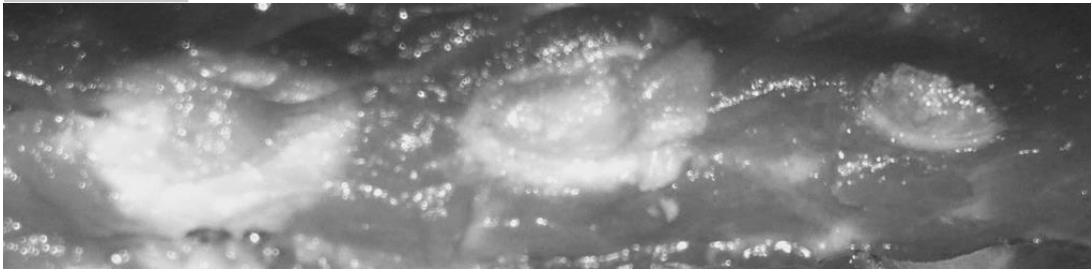
表 3 オートストップモードにおけるエフェクトの変化による凝固範囲

	直径(mm)	深度(mm)	停止までの時間(秒)
エフェクト 1	12.0	5.0	19.4
エフェクト 4	10.7	3.3	4.0
エフェクト 6	9.2	2.5	3.3
エフェクト 8	7.7	1.7	2.4

図 2 エフェクト（電圧）の違いによる、凝固深度 凝固範囲の変化



ソフト凝固 オートストップ モノポーラ ボール電極



エフェクト 4
直径11mm 深度 4mm

エフェクト 6
直径9mm 深度 3mm

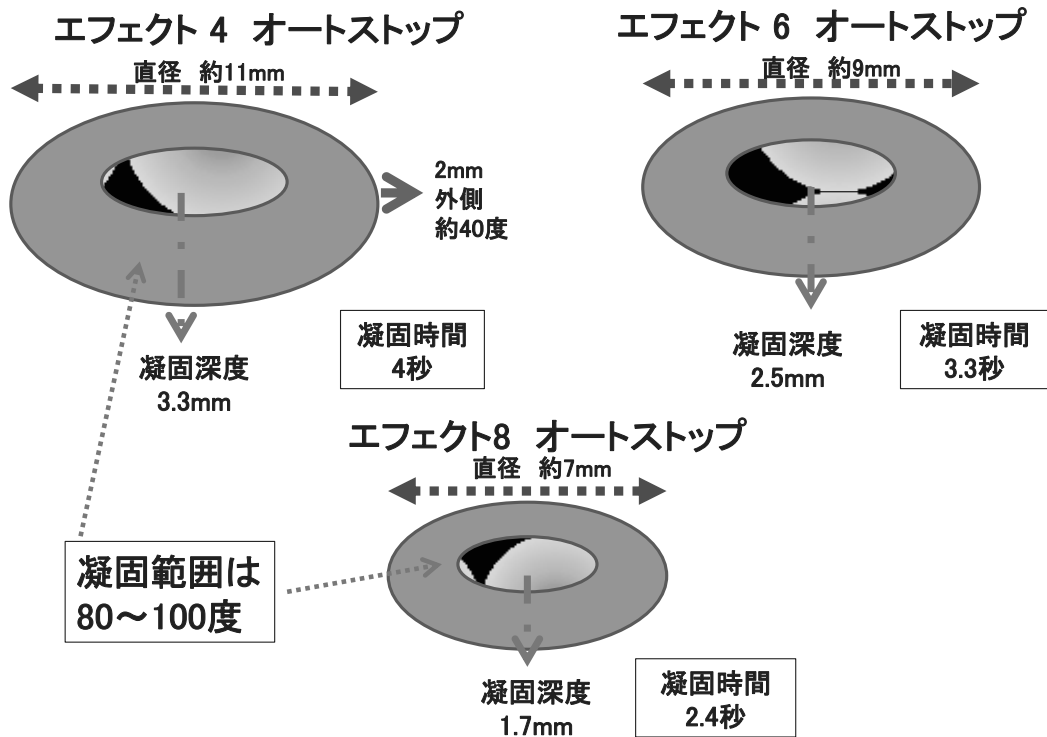
エフェクト 8
直径5mm 深度 1mm

電圧 低

<

高

図 3 エフェクト（電圧）の違いによる、凝固深度 凝固範囲の変化のシエーマ



【結果】

1. 豚肉を用いた基礎実験によるソフト凝固の院内標準モードの設定

図 1 に豚肉を用いた凝固モードの種類(スプレー凝固とソフト凝固)による凝固状態の変化について示した。スプレー凝固は電圧の波形は休み時間が最長の断続波であり、3,500~4,300V の高電圧の凝固モードである。上段のスプレー凝固は、表面が凹凸不整であり、黒色に変化しており、高電圧放電による蒸散と炭化が生じた。下段のソフト凝固では、表面は平滑で、白色の凝固層を認め、蒸散と炭化は生じなかった。また、豚肉の毛細血管内に血液の凝固と思われる所見を認めた。すなわち、肉眼的に蛋白変性による凝固であることが確認できた。

表 1 にエフェクトと出力時間による凝固範囲の変化について示した。エフェクト(電圧)を上昇させると、凝固範囲が狭くなり、凝固深度が浅くなる傾向を認めた。また、凝固時間を 5 秒から 10 秒に延長すると、凝固範囲と凝固深度が広がった。

表 2 にエフェクトと出力時間の変化による周囲温度の変化について示した。中心から 5mm の部位(半径 5mm)であり凝固範囲の直径では 10mm となる)では、凝固直後の温度は 70 度台であったが、中心から 10mm(凝固の範囲の直径では 20mm)では 40 度以下であった。今回の実験での最大の凝固範囲はエフェクト 4 の 10 秒出力で直径 16mm(半径 8mm)であり、その時の中心からの距離(半径) 10mm の部位の温度は 40 度(白色に変化した凝固範囲から外側 2mm)であった。

表 3 にオートストップモードにおけるエフェクト変化による凝固範囲について示した。エフェクトを上げると停止までの時間が短くなった。また、エフェクトが低いほど、凝固範囲が広く、凝固深度が深くなった。図 2 と図 3 にエフェクト(電圧)の違いによる、凝固深度と凝固範囲の変化について写真とシェーマで示した。

2. 前立腺癌手術への院内標準モードの適応

豚肉を用いた基礎実験結果からソフト凝固の設定は、エフェクト 7 に固定しオートストップモードを使用することにした。

オートストップモードとは、ソフト凝固と同じ波形を出力するが、インピーダンスの変化を見て出力を自動的に制御して、組織が凝固され完了すると自動的に出力は停止し周囲への過剰な熱損傷は防止される機能である。

4 例の平均出血量は 130ml (80,100,220,100ml)であった。

【考察】

今回の実験の目的は、ボール電極でソフト凝固を施行する場合の設定標準化である。仮にエフェクトが高く(電圧が高く)電流も多い場合は、温度上昇のスピードが速く急激に乾燥して絶縁状態になりそれ以上電流が流れず、浅い層までの凝固しか完成しなくなる¹⁾。エフェクトが低い(電圧が低い)場合は、温度上昇も比較的ゆっくりで、より深く熱が伝えられ深い層まで凝固されることになる。今回の実験結果(5 秒、10 秒凝固)でも上記が確認できた。また、オートストップモードの結果から、エフェクト 4 以上では 4 秒以下でタンパク凝固層が形成された。すなわち、ソフト凝固でエフェクト 4 以上での 4 秒以上の出力を同じ個所に必要以上に通電すると、思わぬ熱変性の広がりや招く恐れがある^{1,2)}。ソフト凝固は血管や組織の炭化もしないため、長時間の連続通電を行ってしまう可能性があり、モノポーラによる連続通電は、ターゲットとしている組織のみならず対極板を貼付している皮膚にも熱を過剰に与える可能性があると考えられているので注意が必要である²⁾。ソフト凝固を静脈止血に用いる場合、5mm 以上の深い凝固深度の必要はなく、2~3mm の凝固深度で十分であり、今回の実験結果からオートストップモード 6~8 が適切なエフェクト(電圧)と考えた。また、凝固範囲は 8~10mm が適切と考えており、オートストップモード 6~8 が適切なエフェクトであった。今回の実験ではオートストップモード 8 では停止までの時間、凝固範囲深度にばらつきが多い印象で、一定の凝固範囲深度を得る為、エフェクト 7 のオートストップモードを院内標準と決定した。

この院内標準モードを手術に適応した時の前立腺癌の出血量は、平均 130ml であり、院内標準モード導入前のソフト凝固を用いた 14 例の前立腺全摘除術⁴⁾の平均出血量 276ml(80-500)と比べて出血量の減少を認めた。前立腺全摘除時の出血量について山田ら⁷⁾は、小切開手術で平均 1,232ml であったと報告している。前立腺は、骨盤腔の深い場所にあるため、前立腺全摘除術を行うには出血のコントロール等、比較的高度な技術が必要であり、適切なソフト凝固の使用により出血量が減少したと考えた。実際の手術においては、オートストップモードで静脈出

血のコントロールが安定し、今回の手術 1 例で前立腺サントリーニ静脈（中心静脈）から出血を認めたが、院内標準モードのソフト凝固使用で安全かつ迅速に止血することが可能であった。オートストップ機能と適正なエフェクトの設定で、必要以上の凝固範囲と深度に及ぶ事を予防できる点でも、標準化は有効であったと考えた。

医療機器の進歩・発展は目覚ましく、その機器に応じた設定が重要である。進歩し続ける最新機器を使いこなすためには、手術時に機器設定を変更して対応するのではなく、基礎実験により得られたデータを基に院内標準モードを設定することが重要であることが認識できた。

今回得られた結果を活用し、他科領域での院内標準も検討していきたいと考えている。

【結語】

基礎実験結果から、ソフト凝固で一定の凝固範囲と深度を得るために、モノポーラ・ボール型電極ではエフェクト 7 のオートストップモードを院内標準とした。院内標準を用いて手術した結果、さらなる良好な止血効果が得られ、前立腺癌手術で出血量の減少を認めた。

【文献】

- 1) 櫻木徹：ソフト凝固とは？，外科チームで語るわかりやすい電気メスの本，第 1 版，2012，27-35，メディカルレビュー社，東京
- 2) 小山勇：VIO 電気メスと IO 電極 その原理と使用法，2009，1-7，アムコ社資料，2009
- 3) 山本聖一郎，藤田伸，赤須孝之，他：新しいタイプの電気メス．臨外 65: 1498-1503，2010
- 4) 川村研二，中村愛，中瀬靖子，他：前立腺全摘除術におけるソフト凝固の有用性・出血量の減少による確実な前立腺尖部処理・恵寿総合病院医学雑誌 1: 35-37，2012