原著

止血鑷子を用いた接触凝固時の電気メス熱傷 原因とその防止対策に関する研究

酒井 順哉* 吉中 平次* 島津 久明*
住谷 健二*² 根本 喬*²

A Study for Burn Injury with Hemostatic Forceps under Electrosurgery

Junya SAKAI, Heiji YOSHINAKA*, Hisaaki SHIMAZU*,
Kenji SUMIYA*² and Takasi NEMOTO*²*

* Surgical Center,
Kagoshima University Hospital,
8-35-1, Sakuraga-oka, Kagoshima 890, Japan

*² Mizuho Ikakogyo Co., Ltd.,
Hongo 3-30-13, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan

Abstract

Electrosurgery is one of the most useful methods of surgical treatment for skin-tissue incision under hemostasis. The monopolar output of electrosurgery is primarily designed for the cutting and coagulation of skin-tissue by flowing high-energy radio-frequency current between the active electrode and the dispersive electrode. There are two kind of techniques used for electrosurgical coagulation, i. e., fulguration and desiccation. Fulguration is electronic sparking to tissue without significant cutting for the purpose of coagulating large bleeders. Desiccation is low power coagulation without sparking.

The portion of the dispersive electrode having a small area presents a high current density to the patient tissue, often causing burn injuries.

It is usually assumed that latex surgical gloves are good protection as an isolator against the low frequency of the power supply, but having electrosurgery the surgeon's or assistant's hand can be often burned or shocked through surgical gloves.

When the surgeon makes contact with the active electrode to the hemostatic forceps under poor conditions the assistant has created when the touching the tissue of patient, the capacitive leakage current can return to dispersive electrode via the assistant's hands causing burn injuries.

In this paper, we studied some causes of burn injuries on the assistant's hand by metal

* 鹿児島大学医学部附属病院中央手術部

*² 瑞穂医科工業㈱

(原稿受付: 1993年3月2日)

(8) 医 器 学 Vol. 63, No. 6 (1993)

forceps when using the electrosurgical dessication technique.

We tried to make the following isolated forceps : teflon coated forceps ($<350\ \mu\text{m}$), nylon coated forceps ($<450\ \mu\text{m}$) and teflon composite forceps (2 mm).

The results obtained are mainly as follows :

- 1) When the assistant removes these forceps from tissue during electrosurgery, the leakage current through his hand tends to radically increase.
- 2) We tried to make the teflon or nylon coating as thick as possible to decrease the leakage current through the assistant's hand.
- 3) Special composite forceps made thick for a low dielectric constant are the most useful to protect against burn injuries to the assistant.
- 4) By double gloving we can expect to decrease the leakage current by about 17 percent as compared with single gloving.

1. 研究 目 的

1926年, H. Cushing と W. T. Bovie によって開発された電気メス (electro-surgical unit) は, 生体組織に高周波電流 (RF-current : radio-frequency current) をメス先電極から通電することで, 器械メス, レーザーメス, 超音波メスなどでは得られない切開 (cutting)・凝固 (coagulation)・混合 (blend) 作用を有し, 今日でも多くの外科手術において不可欠の ME 機器として繁用されている.

近年では, 広範囲の迅速な止血手技を目的として, 従来の凝固 (正確には接触凝固 (desiccation) と言う) に加え, スプレー凝固 (放電凝固 ; fulguration) が搭載される電気メスが数多く市販されるようになった. しかし, スプレー凝固能力を強化するためには, 凝固モードにおける高周波電流の波高値 (crest factor) の改善と, その高周波電流出力のピーク電圧 (peak voltage) を高く設計する必要がある. さらに最近では, より広範囲な熱凝固を可能にするアルゴンビーム凝固 (Argon beam coagulation) が電気メスの付加機能として開発され, 同一出力でも高周波電流出力のピーク電圧を高く設計される傾向に拍車がかかっている.

このことは, 電気メス使用時の低周波成分の発生に伴う患者に対する電撃の危険性を増加させている¹⁾. また, 電気メスの高周波漏れ電流によって, 術者や助手が筋・神経刺激を感じることとも報告されている²⁾.

しかし, 我が国の臨床現場では, 出血した術野部位をステンレス製止血鑷子 (以下, 金属鑷子と略す) で軽く摘み, 電気メスのメス先電極 (active electrode) を金属鑷子に接触させ, 高周波電流を通電することで組織の止血を行う接触凝固が今日でも多くの外科手術において頻繁に用いられる手術手技である. また出血の際, 金属製吸引嘴管 (suction nozzle) に電気メスのメス先電極を接触させてスプレー凝固を行うことも少なくない.

本来, これらの凝固目的には, 従来の電気メスホルダーに換えて, 電気メス専用の止血凝固バイポーラ鑷子やディスポーザブル吸引嘴管を使用することが安全面から重要であるが (図 1), 特殊な手術を除いて手術の迅速性や手術器械の汎用性から, これらの専用器具が使われる頻度は少ない.

1992年 3 月, 鹿児島大学手術部では, より広

図 2 バイポーラ用止血鑷子 (左側) とディスポーザブル吸引嘴管 (右側) の外観

図 2 助手の手掌に起こった熱傷例

範囲な手術に対応するため、従来の電気メス (3000 a, Neomed) からスプレー凝固やアルゴンビーム凝固機能の拡張可能な電気メス (Force-2, Valleylab) に機器更新を行った。導入後間もなく、従来の電気メスと同様の手術手技を行ったにもかかわらず、止血操作中に鑷子等を保持した助手の手に高周波分流と考えられる熱傷が連続して発生した。

我々は、これらの熱傷事故を通して、

- (1) 事故発生の原因を実験モデルで明確にすること、
 - (2) 高周波分流を防止するための絶縁鑷子を試作し、同実験で金属鑷子と比較すること、
 - (3) 鑷子を用いる際の、熱傷防止のための凝固手技を確立にすること、
- などの検討を行った。

2. 熱傷発生の状況

電気メスの高周波電流による熱傷事故は、高周波電流密度がある値以上に上昇した際に発生する。熱傷事故は、対極板の有効面積の減少に伴う対極板部位の熱傷事故と、対極板断線等の原因による対極板以外の部位での熱傷事故の2つに大別され、患者に対する熱傷原因の究明とその防止対策について既に多くの報告がある^{3~6)}。

しかし今回の事故は、本院手術部において術者や助手側が経験した初めての熱傷事故であり、熱傷原因および防止対策を検討するために、熱傷発生の状況を該当医師および看護婦から聴取した。

2-1. 止血鑷子による熱傷事故

泌尿器科手術において、術野深部に出血した

ため助手が金属鑷子の末端部分を軽く持ち、メス先電極を保持した術者との連携で凝固モードにより止血を行った際に発生した熱傷事故であり、助手の手掌中央に熱傷を瞬間的に起こした (図2)。その際、助手は止血部位の視野を広げ、手術手技を確実なものにするため、左手で患者の術野を展開、支えていたことが、該当助手の状況説明で明確となった。

2-2. 吸引嘴管を用いた凝固利用に伴う熱傷事故

消化器外科手術において、出血部位の血液を吸引する方法としてステンレス製吸引嘴管が一般的に用いられる。この熱傷事故は、手術の進行を早くするため、吸引嘴管の金属部に電気メスのメス先電極を接触させて止血を行おうとした際に、吸引嘴管を持っていた助手の母指に熱傷が発生した。この時の電気メスの出力モードは凝固モードであったが、助手の左手が患者に接触していたかどうかは明確ではなかった。

3. 実験方法

3-1. 金属鑷子による実験

我々は、前述の2つの熱傷事故の原因として、本来患者の術野部位に流れるべき高周波電流が何等かの原因で助手側に分流したからではないかと考え (図3)、図4の実験回路で事故状況を再現することを試みた。

実験は、電気メス (3000 a, Neomed) の高周波電流出力を、患者 (被験者A) の右大腿部に装着した導電型対極板 (スコッチプレート®、

図 3 鑷子を用いた接触凝固分流の発生 (矢印は分流経路を示す)

図4 鉗子を用いた接触凝固による高周波
分流の実験回路

1149 C, 3 M) と、患者の腹部に固定した肉片 (250 g) に、助手 (被験者 B) が保持した金属鉗子 (09-092-00, 瑞穂医科工業) または絶縁処理を施した試作鉗子を介して接触させたメス先電極間に印加して行った。さらに、助手の左手が患者に接触した状況を再現するために、患者の左大腿部と助手の左腕間を導電型対極板 (スコッチプレート®, 3 M) と容量結合型対極板 (SASパッド®, メラ) を高周波分流測定用電極として用いた。また、高周波分流試験は、助手の右手に装着する手術用ゴム手袋 (Gammex®, Ansell Medical) が1枚の場合と2枚の場合について測定した。

この実験回路において、切開出力で肉片に凝固鉗子を接触させた時の電気メスから供給される高周波電流 I_0 、助手側に分流した高周波電流 I_d とを、電流プローブ (CP-501, 岩崎通信) と Synchroscope (SS-5121, 岩崎通信) を用いて電流波形の振幅値によって算出した。この時の電気メス出力は、助手の熱傷に対する危険性を配慮して 30 watt とした。

3-2. 試作した絶縁鉗子による実験

実験では市販の金属鉗子の他に、同じ形状の鉗子表面を流動浸漬法によりナイロン (ポリアミド, 比誘電率 ≈ 3.7) やテフロン (PFA: 四フッ化エチレン・パーフロロアルキルビニールエーテル共重合樹脂, 比誘電率 ≈ 2.1) で絶縁コーティングされた鉗子 (以下、絶縁鉗子と略す)、テフロン材 (TFE: 四フッ化エチレン樹脂, 比誘電率 ≈ 2.1) を切削し鉗子支持部に張

り合わせた鉗子 (以下、コンジット鉗子と略す) を試作し、その分流の程度を金属鉗子の場合と比較することを検討した。

ナイロンやテフロンのコーティング処理は、医療分野において高圧蒸気滅菌に十分耐え、毒性等がないことから各種医療器具に用いられている。

絶縁コーティングによる容量リアクタンス (reactance) X_c は、平行板コンデンサの静電容量を求める理論式(1)から導出すると、

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_s \cdot \frac{A}{d} \dots \dots \dots (1)$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{d}{2\pi f \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_s \cdot A} \dots \dots \dots (2)$$

となる。ただし、 ϵ_0 は真空中の誘電率、 ϵ_s は絶縁材の比誘電率、 A は平行板導体の面積、 d は平行板導体の間隔、 f は周波数とする。

式(2)より、鉗子を保持する面積 A および高周波電流の周波数 f が一定であると考ええると、比誘電率 ϵ_s の低い絶縁材を鉗子表面にコーティングすることや絶縁材の厚み d を大きくすることで、容量リアクタンス X_c が大きくなり、高周波電流の流れを少なくすることが可能となる。

したがって、ナイロンとテフロンの絶縁鉗子を同じ肉厚 d でコーティングした場合、理論上は比誘電率 ϵ_s の比によって、テフロン絶縁鉗子がナイロン絶縁鉗子より $1.76 (=3.7/2.1)$ 倍の絶縁効果が期待できる。また、同じ比誘電率 ϵ_s の場合、コーティングした肉厚 d に比例した絶縁効果も期待できることがわかる。

図5 絶縁処理を施した試作鉗子の外観
(左から、ナイロン絶縁鉗子、テフロン絶縁鉗子、コンジット鉗子)

試作した鑷子は、図5に示すように、ナイロン絶縁鑷子、テフロン絶縁鑷子、コンポジット鑷子の3種類に大別できる。

我々は、鑷子の絶縁コーティング時に生じる焼き戻し温度限界から試作可能な最大肉厚を考慮しながら、ナイロン絶縁鑷子(350 μm)およびテフロン絶縁鑷子(150 μm , 300 μm , 450 μm)を試作し、金属鑷子と同様の実験を行った。また、コンポジット鑷子は、テフロン絶縁鑷子(450 μm)の4倍程度の絶縁効果を期待し、金属鑷子の接合部を切削し、約2 mmのテフロン材を張り合わせて試作した。

ここで我々は、これらの試作鑷子を用いて金属鑷子で試みた図4の実験を行い、高周波分流の程度について同様の検討を行った。

4. 実験結果

図4の実験において同じ形状の金属鑷子、ナイロンおよびテフロン絶縁鑷子、コンポジット鑷子を用いた際、助手に分流した電流は、肉片に鑷子が接触している場合と接触していない場合で、顕著な差異が発生したため、それぞれの場合に分類したところ、表1の結果を得た。

金属鑷子を肉片に接触させた時の助手に流れる高周波電流の分流比は、全回路電流(240 mA)の3.3%(8 mA)と低値を示したが、金属鑷子が肉片から離れると、助手に流れる電流の分流比は、62.5%(150 mA)と高値を示した。

試作したナイロン絶縁鑷子(350 μm)を使用した場合の高周波電流の分流比は、45.8%

(110 mA)に減少した。また、テフロン絶縁鑷子(150 μm , 300 μm , 450 μm)を使用した場合の高周波電流の分流比は、それぞれ45.8%, (110 mA), 37.5%(90 mA), 33.3%(80 mA)に減少した。同様に、コンポジット鑷子(2 mm)を使用した場合の高周波電流の分流比は、20.8%(50 mA)と他の絶縁鑷子と比して極めて低い値を示した。

また、助手の左手と患者の大腿部が接触されていない場合の高周波分流は、ほぼ零であった。

5. 考察

5-1. 金属鑷子の高周波分流

電気メスの出力時、助手の左手が患者(被験者A)に接触していない場合に、分流量が金属鑷子においても低値を示した理由として、電気メス電流出力が高周波フローティング(RF-floating)方式であったことも要因の一つと考える。もし、電流出力が高周波接地(RF-ground)方式の電気メスを用いたならば、助手の足などを經由して接地側へ的高周波分流がさらに増加することも予想される。

電気メスの出力時、助手の左手が患者に接触した状態であっても、金属鑷子が肉片に接触した状態で使用される限り、金属鑷子においても助手へ的高周波分流比が3%程度であることから、高い出力で使用しない限り熱傷の危険性は少ないと考える。しかし、熱傷発生は生体組織に流れる際の高周波電流密度によって決定されるので、もし助手が金属鑷子を小さな接触面積で保持する場合は、熱傷の危険性は増大するこ

表1 鑷子を用いた接触凝固における高周波分流の測定結果

使用した鑷子の種類	鑷子と肉片が接触した時の高周波分流 I_d	鑷子と肉片を非接触時の分流 I_a		全体の電流 I_o
		ゴム手袋1枚	ゴム手袋2枚	
金属鑷子	8 mA (3.3%)	150 mA (62.5%)	110 mA (45.8%)	240 mA
ナイロン絶縁鑷子 (350 μm)	7 mA (2.9%)	110 mA (45.8%)	90 mA (37.5%)	
テフロン絶縁鑷子 (150 μm)	7 mA (2.9%)	110 mA (45.8%)	90 mA (37.5%)	
テフロン絶縁鑷子 (300 μm)	7 mA (2.9%)	90 mA (37.5%)	85 mA (35.4%)	
テフロン絶縁鑷子 (450 μm)	7 mA (2.9%)	80 mA (33.3%)	80 mA (33.3%)	
コンポジット鑷子 (2 mm)	7 mA (2.9%)	50 mA (20.8%)	50 mA (20.8%)	

(12) 医 器 学 Vol. 63, No. 6 (1993)

とになる。

また、助手の左手を患者に接触した状態で、肉片から金属鑷子が離れた場合に、助手への分流比が20倍 ($=62.5/3.3$) 程度に増加するため、助手の右手に熱傷を起こす危険性が增大することが分かる。この状態における高周波分流が、患者に流れる高周波電流値に到達しなかった原因として、助手が装着したゴム手袋や左手導通のために実験に用いた容量結合型対極板などのインピーダンス (impedance) によるものと考えられる。

金属製吸引嘴管を用いた凝固手技の場合、患者の術野部位との接触を十分に確保できない状況が多く発生するため、金属鑷子が肉片から離れた場合と類似した状況になり、高周波分流程度が増加するものと考えられる。

当初の実験では、助手の左手が患者の術野部位に接触している状況を想定するため、肉片近傍に高周波分流測定用電極を装着して分流する高周波電流を測定したが、鑷子とこの電極との位置関係で測定値が不安定であったため、測定値が安定することを考慮して図4に示すごとく、患者左大腿部に接触させた状況での実験を行った。実際の手術には、助手の左手と術野部位間の距離は短くなることから、生体組織のインピーダンスがさらに小さくなり、表1の測定値を越える高周波分流が流れることが予想される。

5-2. 絶縁鑷子の高周波分流

一方、電気メスの出力時に助手の左手が患者に接触しても、ナイロン絶縁鑷子 ($350\ \mu\text{m}$) またはテフロン絶縁鑷子 ($150\ \mu\text{m}$) を用いることで、助手への高周波分流比は金属鑷子で62.5% ($150\ \text{mA}$) からの45.8% ($110\ \text{mA}$) に減少することが分かった。

テフロン絶縁鑷子 ($150\ \mu\text{m}$) がナイロン絶縁鑷子 ($350\ \mu\text{m}$) のコーティング肉厚より $1/2$ 程度と薄いにもかかわらず分流比が同値を示したことは、テフロンの比誘電率がナイロンの $1/2$ 程度であることから、式(2)の理論式を実験的に確かめた結果となった。

今日、ナイロンコーティングは、各種の着色が可能なことから金属鑷子の表面にコーティングされ、市販されているものもあるが、そのほ

とんどが絶縁鑷子としてのコーティング肉厚が十分でないため、その高周波分流比は75%程度にしか抑えることができず、熱傷同様の状況下では熱傷防止の安全性は保証されるものでないことが分かった。

電気メスによる鑷子利用の安全性について考察すると、近年、電気メスのスプレー凝固におけるピーク電圧は、旧型電気メスの凝固における同出力に比して、1.5~2.0倍 ($5,000\sim7,000\ \text{volt}$) 程度になっていることから、凝固手技に左右されず従来と同程度の安全性を確保するためには、鑷子の高周波電流に対する絶縁処理により金属鑷子での分流比 (62.5%) を半分以下にする必要があると考えた。

試作した3種類の鑷子を高周波分流比から評価すると、絶縁コーティングにおいてほぼ最大肉厚であるナイロン絶縁鑷子 ($350\ \mu\text{m}$) およびテフロン絶縁鑷子 ($450\ \mu\text{m}$) では、いずれも高周波分流比が約30%以下とならず、十分な安全性を確保するに至っていない。また流動浸漬法により $350\sim450\ \mu\text{m}$ 程度のコーティング肉厚を行うことは、製作工程に手間を要することから適切な方法と言えない。

一方、コンポジット鑷子 ($2\ \text{mm}$) では絶縁材の厚みがテフロン絶縁鑷子 ($450\ \mu\text{m}$) の約4倍となり、高周波分流は20.8%となり、安全性に対して満足できる結果となった。コンポジット鑷子は、従来の金属鑷子と同程度の耐熱性・機械的強度・弾性は有しているものの、嵌合部分に血液・蛋白などの混入が考えられることから、洗浄の際コンポジット部分が着脱可能な構造に改良する等の検討が必要である。

5-3. ゴム手袋による高周波絶縁効果

実験に使用した手術用ゴム手袋 (Gammex®, Ansell Medical) の指先部分のゴム厚は、 $180\sim230\ \mu\text{m}$ で設計されている。しかし、鑷子を保持した際のゴム手袋の肉厚は、手袋装着に伴う弾性膨張によりさらに薄くなることが予想される。ゆえに、ラテックスゴムの比誘電率 ϵ_s は、2.0~3.0と考えられることからゴム手袋によって高周波絶縁程度は、テフロン絶縁鑷子 ($150\ \mu\text{m}$) とほぼ同値となる。このことは、助手の左手が患者に接触していない時、ゴム手袋

2枚を装着し、金属鑷子を用いた際の高周波分流が、ゴム手袋1枚とテフロン絶縁鑷子(150 μm)を用いた高周波分流の程度(45.8%)と一致することからも確認できた。この結果からゴム手袋2枚を装着することは、熱傷防止の面から有用性を認める結果を得たものの、分流量の差が16.7%(=62.5-45.8)となり、必ずしも安全を確約する程の値となっていない。

同様の実験を別の種類の手術用ゴム手袋2種(Neutralon®, Johnson & Johnson Medical および Conform® MK-II, Ansell Medical)についても行ったが、ほぼ同様の結果であった。

また、絶縁コーティング肉厚の変化に伴うゴム手袋2枚の装着の効果は、コーティング肉厚が厚くなるにしたがってゴム手袋の効果は減少することが分かった。この理由として、ゴム肉厚による絶縁効果がコーティング肉厚増加に伴う絶縁程度に吸収されるためと考察した。

5-4. 高周波分流減少のための凝固手技

接触凝固に電気メスをスプレー凝固となる凝固モードで使用することは、高周波電流のピーク電圧が従来の電気メスの1.5~2倍程度に上昇するため、金属鑷子を用いた際の熱傷の危険性を増大させていることが分かった。

一般に電気メスの出力モードと生体組織に及ぼす作用との関係は、表2のように考えられるが、鑷子・鉗子を用いた接触凝固に際して多くの外科医は、電気メスの出力モードを切開モードではなく凝固モードで使用していることが少なくない。このことは、電気メスのメスホルダーの出力波形切換えスイッチボタンに切開(CUT)・凝固(COAG)と表示されている内容が、組織への作用切換えと誤って解釈されていることによるものと推測される。したがって、この問題解決には(CUT/DISCCATE)と(SPLAY)のように組織への作用を説明したメスホルダー表示を検討する必要がある。

表2より、助手側の高周波分流による熱傷防止のためには、接触凝固で電気メスを使用する際、術者は切開モードを用いると共に、助手が凝固する部位を確実に鑷子等で接触されていることを確認して電気メスを作動させなければならぬことが分かる。また助手は、鑷子等を持

表2 電気メスの出力モードと組織への作用

出力モード		組織への作用	
切開	(cutting)	切開効果：大	止血効果：小
混合	(blend-1)	止血効果を伴った切開(cutting)および 鑷子等の接触凝固(desiccation)
	(blend-2)		
	(blend-3)		
凝固	(coagulation)	放電凝固(fulguration) スプレー凝固(spray)とも言う	火花放電(スポット的)
アルゴンビーム凝固	(Argon beam coagulation)	アルゴンビーム凝固	火花放射(拡散的)

っていない方の手を術野に触れないようにすることや、高周波電流の帰路となる対極板コードを足で踏まないことも大切である。

また、高周波電流出力を必要以上に上げない工夫として、メス先電極に近い位置に対極板を装着することや、生体組織のインピーダンスを少なくできるドーナツ型対極板の利用などが熱傷防止に有用である⁷⁾。

我々は、以上の考察から鑷子・吸引嘴管を用いた熱傷防止には、術者と助手の安全な手術手技の徹底が現在最も重要と考え、院内外科系診療各科に「鑷子・鉗子を用いた電気メス接触凝固使用時の熱傷防止マニュアル」を配布し、その理解を求めた。

本マニュアルの要点は以下の通りである。

- (1) 手術用ゴム手袋は、電気メスの高周波分流防止に多くの効果は期待できないが、金属鑷子を使用する際にゴム手袋を2枚装着することは17%程度の分流の減少が期待できる。
- (2) 接触凝固時には、執刀医は電気メス出力を凝固モードではなく、切開モードで使用する。
- (3) 接触凝固の際、鑷子等を助手の手で接触面積が広くなるようしっかりと保持することが高周波電流密度を減少させ熱傷防止に役立つ。
- (4) メス先電極を鑷子に接触後電気メスの作動を開始し、作動の停止後にメス先電極を鑷子から離す手術手技を徹底する。
- (5) 助手は高周波電流の分流経路を作らないために、鑷子等を持たない側の手を術野に触れたり、対極板コードを足で踏まない。
- (6) 鑷子が生体組織に接触していない状態で電気メスを使用すると、助手側の高周波分流が増大することを念頭に置く。

(14) 医 器 学 Vol. 63, No. 6 (1993)

既に事故発生より約1年経過したが、このマニュアルの徹底によりその後手術部で同様の事故は発生していない。

6. ま と め

本研究では、金属製の鑷子・鉗子・吸引嘴管を用いた電気メスの接触凝固における術野や助手への熱傷発生の危険性を実験により明確にした。

この熱傷発生の防止対策として、

- (1) 適切な術者・助手の凝固手技、
 - (2) 低い比誘電率を有した肉厚のコンポジット鑷子等の利用、
 - (3) 手術用ゴム手袋の2枚装着、
- などの方法を検討したが、高周波電流の絶縁に十分効果のある絶縁鑷子が市販されていない現状では、適切な術者・助手の手術手技が不可欠の対策と言えよう。

実験には絶縁鑷子として、ナイロンやテフロンでコーティングした鑷子を試作したが、絶縁材の比誘電率と作成可能な肉厚を考慮すると安全性に限界があると考えられる。

今回、我々が経験した熱傷事故は、従来の電気メスの使用方法にもかかわらず発生したものであり、今後ピーク電圧の高い電気メスが普及するにつれて、全国レベルで同じような事故の発生する頻度が増加することも懸念される。

この現状から、今後、十分な絶縁肉厚を有し

たコンポジット鑷子・鉗子・吸引嘴管などを用いた臨床研究とともに、手術器械製造メーカーの絶縁鑷子の新規開発の努力が必要と考える。

参 考 文 献

- 1) 戸畑裕志, 無敵剛介ほか: 電気メス使用時に発生する低周波成分に関する研究, 手術部医学, 13 (3) 472-478, 1992.
- 2) Miller, J. M., Collier, C. S et al: Permeability of Surgical Rubber Gloves, Am. J. Surg., 124, 57-59-1972.
- 3) 酒井順哉, 大山 満: 容量結合型電気メス対極板の電気的特性に関する研究, 医器学, 51 (5), 213-218, 1981.
- 4) 酒井順哉, 大山 満: 電気メス対極板形状変化に伴う高周波電流の辺縁効果に関する研究, 医器学, 55 (Supply), 56-57, 1985.
- 5) 酒井順哉, 大山 満: 小児手術における電気メス熱傷防止のための安全制御に関する研究, 手術部医学, 9 (3), 354-358, 1988.
- 6) Sakai, J. & Ohyama, M.; Electro-Analysis of Burn Injury due to Contaminants on the Attachment Surface of an Electrosurgical Dispersive Electrode, Med. J. Kagoshima Univ., 41 (4), 329-335, 1990.
- 7) 酒井順哉, 大山 満: ドーナツ型電気メス対極板の高周波電流密度分布に関する研究, 医器学, 62 (3), 112-117, 1992.