

## デバイス手術における電気メス使用の注意点

外科手術で不可欠の電気メスであるがデバイス手術においても同様に不可欠である。最近、デバイス交換時に電気メスの使用でリードが損傷するという事故を耳にするようになった。そこで、デバイス手術における電気メス使用についての注意点を要約する。特に温熱障害についてはあまり触れられておらず、特定の高分子素材を被覆に用いているリードでは、手術時に注意が必要である。

### I. 電気メスの原理

電気メスは電気メスブレード(刃)から目標とする組織に高周波を通電することで、ブレード部に生じるジュール熱あるいは放電による炭化を利用して切開・凝固止血を行う医療器具である。モノポーラではブレードから組織に流れた電流は対極板を介して回収されるが、人体が高周波の通電を感じない特徴を利用している。バイポーラでは鑷子電極間の通電にとどまるため、人体には高周波は流れない。通電時にはブレードと組織間あるいは鑷子電極間には1000~3000Vの電位差が生じる。

## II. 電気メスの影響

電気メスの影響は 1. 電磁障害、2. 高電圧からのデバイス保護機構に関与した障害と 3. 温熱障害、の 3 点が考えられる。

### 1. 電磁障害

電磁障害は通電時のオーバーセンシングとしてよく知られた現象である。体内に流れる高周波電流がデバイスのセンシング回路に侵入する現象で、現在の多くのデバイスではノイズ防御モードに移行するが、リセットが起こる場合に注意が必要である。特定の機種では、リセットに入ると単極ペーシングに移行する。このため、デバイス交換などで体外に本体を取り出した時点でペーシングは停止する。モニターのキャプチャー QRS の形状や擬似スパイクの大きさなどで単極モードに移行したことを確認する以外にリセットモードに移行したことを確認できない。もっとも、リセットモードでも双極固定ペーシングに移行する機種では、インターロゲートするまで確認は困難で、固定モードゆえに自己 QRS との競合が問題となる。

## 2. 高電圧の問題

デバイスには過大入力に対して、回路を保護するために過大入力保護回路が装備されているが、この機構には注意が必要である。もし、電気メスのブレードがデバイス本体あるいはコネクタ近傍のリードに触れた状態で通電が行われると、2000～3000V の電位差は回路に直接負荷されずにリード先端の電極にかかることになる。その結果、出力停止や不適切なペーシングレートの低下も報告されている<sup>1)</sup>。また、電極から心筋に高周波電流が流れ、電極周囲の高周波焼灼や不整脈の誘発が起こる可能性がある。しかも、電極周囲の高周波焼灼では、閾値上昇やセンシング波高の減弱が予想される。従って、本体やリードの剥離に電気メスを使用する場合には十分な注意が必要である。

## 3. リードの温熱障害

電気メスは、作動時にブレードの温度が上昇するのは先述の通りである。リード外側被覆に使用されている高分子素材は、シリコンゴム、ポリウレタンそしてシリコンゴムを基本としてポリウレタンを共重合した Copolymer が使用されている。これらの素材の熱による影響を推測

するには、融点を知ることが重要である。もっとも多く使用されているシリコンゴムは耐熱性に優れた素材である<sup>2)</sup>。次によく知られている55D ポリウレタンであるが、カタログにはPU55DあるいはPellethane<sup>®</sup>と記載されている。この、PU55Dの融点は185-225°Cであり<sup>3,4)</sup>、Pellethane<sup>®</sup> 2363-55Dの融点はMatWeb: Online Materials Information Resource ([www.matweb.com/](http://www.matweb.com/)) 上で210—225°C<sup>5)</sup>と示されている。また、リードの外部被覆に使用されているシリコン・ポリウレタン共重合体の詳細はリード製造元から公表されていない。しかし、この素材の生体内安定性を評価した論文<sup>6)</sup>によれば、このシリコン・ポリウレタン共重合体はAorTec International社(イギリス)のElaston-Eon 2Aであると記載されている。そこで、MatWebでこの高分子素材の融点を確認したところ146-154°Cであった<sup>7)</sup>。

一方、電気メスの先端温度測定は非常に困難である。赤外線カメラで測定したLohらのデータによれば、切開モードでは241°C、凝固モードで180°Cという高温が示されている<sup>8)</sup>。一方、Limらはブレードの中央の温度を測定して、リード素材の高分子の温熱による影響を検討してい

るが<sup>9)</sup>、切開 10W で 3 秒使用した場合には約 40°C に達する。しかし、この程度の出力であっても組織の切離や止血凝固は可能であり、これを考えると先端温度は組織が vaporize する 100°C 以上に達しているはずである。彼らは 10~30W の出力で 3 秒ないし 6 秒の作動時に温度測定を行っており、最も高い温度は 30W で 6 秒作動時の約 70°C であった。このデータから推測すると、10W 出力 3 秒作動で先端温度が 100°C とし、ブレード中央部の温度が先端温度に比例すると考えれば、30W で 6 秒作動時には先端温度は約 200°C に達する。これは、Loh らの実験に近似する推測値である。この論文では、様々なリードに電気メスを接触させて、ダメージを 3 段階に分類している。最も大きな障害 Class 3 は完全に被覆が損傷剥離した状態であるが、PU55D では 10W 6 秒でも起こりうることを示された。同様に、シリコン・ポリウレタン共重合体も温熱障害を受けやすく、いずれの素材もリードと直交するようにブレードを押し当てた場合にはより障害を受けやすいことが示された。

これまであまり問題とされてこなかったリード被覆高分子材料の電気メスによる温熱障害であるが、PU55D などのポリウレタン、あるいは

シリコーン・ポリウレタン共重合体を外部被覆に用いたリードの剥離に電気メスを用いるとリード損傷の危険性がある。もし、剥離に電気メスを使用する場合には、1. 3秒以下の短い作用時間、2. できる限り低い出力、3. 切開モードではなく凝固モードを使用、4. リードと直行するように作用させない、を心がけることがリード損傷を最小限にする方法と考えられる。

最近、ブレードの作動温度が低いという特徴を持つ PlasmaBlade™<sup>8)</sup>が臨床使用に至っている<sup>8)</sup>。残念ながら文献的には、PlasmaBlade™の高分子素材への影響を評価した研究はなく、使用にあたっては日本メトロニック株式会社に問い合わせることが必要である。

1. Lin Y, Melby DP, Krishnan B, Adabag S, Tholakanahalli V, Li J-M. Frequency of pacemaker malfunction associated with monopolar electrosurgery during pulse generator replacement or upgrade surgery. *J Interv Card Electrophysiol.* 2017;49(2):205-209. doi:10.1007/s10840-017-0241-y.
2. <http://www.mddionline.com/article/silicone-rubber-medical-device-applications> (2017年9月1日に検索)
3. Chang EI, Carlson GA, Vose JG, Huang EJ, Yang GP. Comparative healing of rat fascia following incision with three surgical instruments. *J Surg Res.* 2011;167(1):47-54.

4. Lim KK, Reddy S, Desai S, et al. Effects of electrocautery on transvenous lead insulation materials. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2009;20(4):429-435. doi:10.1111/j.1540-8167.2008.01342.x.
5. <http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=2e76c62108d144a6b1c92e634d926a72&ckck=1> (2017年9月1日に検索)
6. Wilkoff BL, Rickard J, Tkatchouk E, Padsalgikar AD, Gallagher G, Runt J. The biostability of cardiac lead insulation materials as assessed from long-term human implants. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater.* 2016;104(2):411-421. doi:10.1002/jbm.b.33405.
7. <http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=55785ac963fd40e9a0bd8f25a34b6c64&ckck=1> (2017年9月1日に検索)
8. Loh SA, Carlson GA, Edward Chang MI, Huang E, Palanker D, Gurtner GC. Comparative Healing of Surgical Incisions Created by the PEAK PlasmaBlade, Conventional Electrosurgery, and a Scalpel. *RPlast Reconstr Surg* 2009;124:1849. doi:10.1097/PRS.0b013e3181bcee87.
9. Lim KK, Reddy S, Desai S, et al. Effects of electrocautery on transvenous lead insulation materials. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2009;20(4):429-435. doi:10.1111/j.1540-8167.2008.01342.x.