

## 事例研究

## 難治性てんかんの手術における術中電気生理学的モニタリング

## — 医療チームの一員としての臨床検査技師の役割 —

福岡 恵子

鈴鹿医療科学大学 保健衛生学部 臨床検査学科

キーワード： 軟膜下皮質多切術，術中モニタリング，皮質脳波，体性感覚誘発電位，運動誘発電位

## 要 旨

症例は 17 歳男性，幼少時より左下肢より始まる焦点起始両側強直間代発作を繰り返し，薬剤抵抗性かつ徐々に頻回の発作となったため外科治療が行われた。術前の MRI で右一次運動野を中心に高信号病変を認めた。1 回目手術の生検で focal cortical dysplasia の診断を得た。硬膜下にグリッド電極が留置され，術後 1 週間ビデオ脳波検査にて発作起始領域が画像と一致することを確認した。2 回目手術で皮質脳波監視下，棘波が消失するまで軟膜下皮質多切術が行われた。術後，発作頻度は変わらないが全般化しなくなった。eloquent area に対して手術が行われる際，術中の電気生理学的モニタリングは不可欠である。手術操作の decision making は術中モニタリングの結果によって行われる。熟練した検査技術と脳波判読力を提供できる臨床検査技師の手術参加は，経験の継続的蓄積も含め有意義と考える。

## 1. 緒 言

軟膜下皮質多切術 (Multiple Subpial Transection; MST) は eloquent area に存在するてんかん焦点に対する外科的手段として 1989 年 Morrell らによって最初に報告された比較的新しい治療法である<sup>1)</sup>。5mm 間隔に脳回の灰白質を軟膜下に切断することによっててんかん性発射の焦点相互間の同期を抑制する効果がある一方、神経学的機能を温存することができるとされている。初めての報告から 30 年が経過し、病巣の切除が困難な症例に対して、あるいは、病巣切除後に補助的に加える手術操作として確立された手法である<sup>2)</sup>。現在でも手術操作自体は報告時から全く変わらない器具で行われているが、術前術中の電気生理学的検査技術は大きく進歩した<sup>3), 4)</sup>。術中の電気生理学的検査 (以下術中モニタリング) については、執刀医と臨床検査技師が連携してデータの記録および解析と手術進行を瞬時に判断していかなければならず、より良い手術効果を得るために、臨床検査技師の果たす役割は大きい。しかしながら、術中モニタリングについて臨床検査技師の立場から経験と問題点を論じた報告は少ない<sup>5), 6)</sup>。今回、難治性てんかんの患者で、切除困難な一次運動感覚野の病変に対して脳外科医と臨床検査技師とでチームを組み MST の際の術中モニタリングを行った。臨床検査技師の立場から、特に術中脳波モニタリングについて貴重な経験を得たので報告するとともに、手術室現場におけるチーム医療について考察したい。

## 2. 症例提示および臨床経過

症例は、17 歳、男性。3 歳時よりてんかん発作に対して近医にて投薬加療を受けていた。学童期には一旦発作は治まり休薬、15 歳時より発作が頻回となりバルプロ酸、ガバペンチン、カルバマゼピン、臭化カリウムによる多剤併用治療が試みられたが、発作抑制には至らなかった。成長と共に発作回数は徐々に増えて 1 日数回の焦点意識減損発作を来し、さらには週に 4、5 回焦点起始両側強直間代発作を来すようになった。発作間欠時の神経学的所見としては、左下肢に筋力低下 (前脛骨筋 2/5、大腿

四頭筋 4/5) を認め中学生時代は走る事も可能であったが、初診時にはつまずく事が多くなっていた。上肢 Barre 徴候は左で陽性であった。1 日に数回の発作があるため Todd 麻痺との鑑別は困難であった。深部腱反射は四肢にて軽度亢進、Wechsler Adult Intelligence Scale-Revised (WAIS-R) による IQ は 68 (言語性 IQ: 73 動作性 IQ: 68) で軽度の知能障害を認めた。

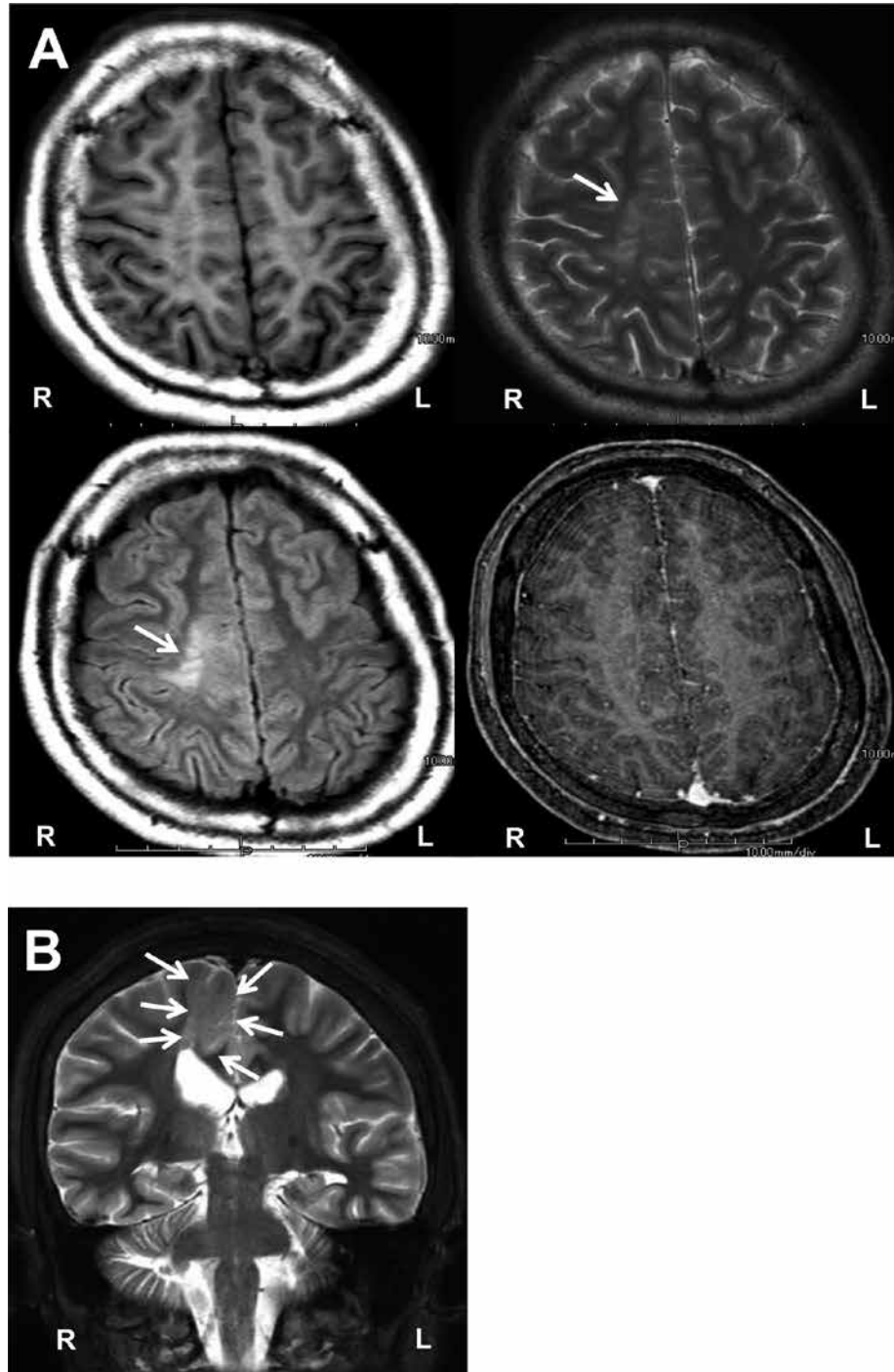
以上より MST を視野にいたした術前検査が検査部に依頼された。24 時間ビデオ脳波検査、術中脳波モニタリングには Neurofax EEG-1518 (日本光電工業株式会社、東京)、術中体性感覚誘発電位 (Somatosensory Evoked Potential; SEP)、運動誘発電位 (Motor Evoked Potential; MEP) モニタリングには Neuropack $\mu$ MEB-9104 (同社) を使用した。入院時の術前 24 時間ビデオ脳波検査では、発作間欠時に右頭頂部から側頭部にかけて低振幅の棘波が散見された。発作時には 100~200 $\mu$ V、15~20Hz の広汎性の棘波群発が数回捕捉され、発作後には左半球優位な棘波も確認された。発作は左下肢痙攣を主訴とする焦点意識保持発作が 1 時間に 5、6 回とらえられ、そのうち 1 日に 5、6 回は左下肢痙攣がバウンドするように全身へ広がる強直間代性痙攣を特徴とした焦点起始両側強直間代発作へ移行した。発作後の覚醒は迅速であるも、焦点意識保持発作も含めて頭頂部を焦点として始まる全般化した律動性放電が数回捕捉された。

MRI 検査では運動前野、一次運動野及び一次感覚野に T2W/FLAIR で高信号を示す造影されない病変を認めたが、T1W では描出されなかった。また、病変部で皮質は肥厚しており、T2W 高信号領域は側脳室まで達していた。右側脳室は左と比べて大きく、病変部周囲の萎縮を認めた (Fig.1)。MR spectroscopy では対側正常部と比べて病変部では Cho (コリン含有物質) 及び Cr (クレアチンおよびクレアチンリン酸) が上昇しており、相対的には Cho が Cr より高くなっていた。また NAA (N-acetyl aspartate) は脱落していた。メチオニン PET では、病変部ではごくわずかに取り込みが亢進するのみで腫瘍性病変は否定的であった。

以上の結果より病変が、切除困難な一次運動感覚野およびその近傍に位置しかつ腫瘍性病変は否定的である

ことより、MST が企画された。術中モニタリング及び、脳波判読は臨床検査技師が実施した。手術はまず FLAIR で高信号の病変のうち運動前野の生検を行うと同時に、

硬膜下電極の留置が行われ、これを元に発作焦点を決定し、2 期的に MST を行う方針となった。Brain Lab ナビゲーションシステム（ブレインラボ(株)、東京）監視下、1



**Fig 1**

Preoperative MR images. (A) T1-weighted (upper left), T2-weighted (upper right), FLAIR (lower left) and T1-weighted with Gd (lower right) images demonstrate a slightly high signal lesion on T2-weighted and FLAIR images (arrows), which is not seen on the T1-weighted image. (B) Coronal view on T2-weighted image clearly demonstrates that the lesion extends deeply to the surface of the right lateral ventricle (arrows).

回目の開頭術が施行された。SEP による中心溝の同定を行ったのち、病理組織診断の検体が採取された。その後中心溝を前後に挟むようにして開頭窓全体を覆う硬膜下電極（20 極グリッド電極，5 × 4 規格，ユニークメディカル社，東京）を留置した。同グリッド電極を脳波計に接続し，脳波記録にノイズ混入がないこと，一次運動野および

一次感覚野にて低振幅棘波をとらえている事を確認後，硬膜が縫合された。術後の皮質組織病理検査では，high cellular lesion は認めず focal cortical dysplasia (Palmini 分類 Type IIB) が最も考えられると診断された。患者の麻酔覚醒後は，シールド集中治療室にて基準電極として平均基準電極を用いた硬膜下電極による脳波モニタリングを

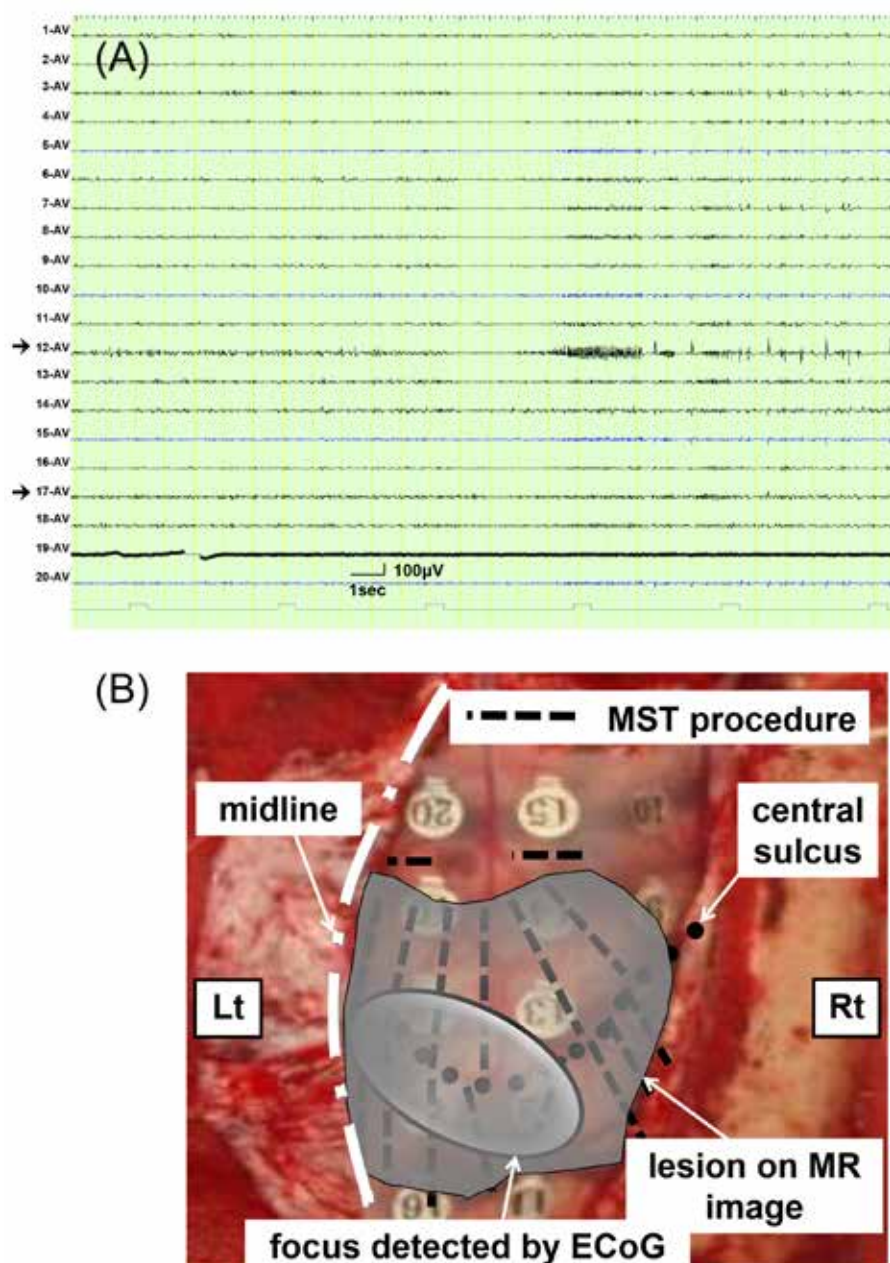


Fig 2

(A) Cortical EEG. Electrodes #12 and #17 are the areas diagnosed as lesions during preoperative testing. During the interictal period, there are many spikes, especially at electrode #12. (B) Intraoperative view of the placed electrodes ECoG (electrocorticogram) and the brain surface. Black dashed lines: multiple subpial transection position. Black dotted line: central sulcus.

行った。発作間欠時の皮質脳波では一次感覚野を中心に棘波が多発していたが、発作時には全電極に棘波の広がりを見られた。以上の結果より MST の範囲は棘波が多発していた感覚野で手の範囲まで、発作の伝搬が見られた一次運動野に対しては同野外側までを MST の範囲と定める事が出来た (Fig.2)。

1 回目開頭術より 10 日後、2 回目の開頭術による MST が施行された。留置されていたグリッド電極を使用し SEP にて中心溝を再確認後、SEP、MEP の監視下、銀製直角剥離子を用いて 5mm 幅、4mm の深さで 9 本の MST が施行された。MST の施行後、最後にもう一度グリッド電極を脳波計に接続し棘波消失の確認後閉創となった。術後は焦点意識保持発作の残存は認めるものの投薬下において発作の全般化は抑制されている。回復期のリハビリテーションにより左下肢の筋力低下は術後 5 週間で元の運動レベルに回復した。

### 3. 考 察

今回の症例では、一次運動野を中心とする切除不能な領域にてんかん焦点を認めるも可能な限り発作を消失させる一方で運動機能障害は最小限にとどめると、相反する目的を達成する必要がある、かつ脳腫瘍が否定的であったため、MST の適応となった。MST では中心溝、一次運動野などの確実なマッピング及び術中運動機能のモニタリングは必須で、この手技が手術の成否を左右するといっても過言ではない。また手術室のように電氣的ノイズの多い環境で検査を行う場合のシールド対策、得られた波形結果の解釈に必要な手技や知識は、生理検査業務で日常行われている各種検査の応用であるため我々臨床検査技師の経験による判断が重要であり、これもモニタリングのひとつの特殊性である<sup>7)</sup>。

2010 年 4 月の診療報酬改定は、医療の再建・病院勤務医の負担軽減が重点項目として着目され、その対応としての医師事務作業補助体制加算の評価の充実、多職種からなるチーム医療の評価の充実が項目として掲げられた。その経緯を受けて 2020 年の診療報酬改訂により脳の手術に対して「脊髄誘発電位測定等加算」として医

師以外の医療スタッフが行う神経モニタリングも加算が認められるようになり (3,130 点)、通常業務として検査室で行われる同様の神経生理検査に比べて、高く評価されることとなった。特に保険点数の改定によって診療科が臨床検査技師の手術室派遣を要望しやすくなり、保険点数改定後 3 年が経過した現在、脳神経外科手術を日常的に行う病院では、術中モニタリングは臨床検査技師の業務として広く認知され、多くの施設で実施されるようになった。

2019 年からは日本臨床神経生理学会による認定術中モニタリング技師制度が始まり、モニタリングに携わる技師にはその技術の証として認定技師の資格と身分が保証されることとなった。新しい技術が導入され発展するこの分野では、日本臨床神経生理学会をはじめ、主に脳外科医により構成されている日本脳代謝モニタリング学会 (旧日本脳代謝モニタリング研究会) など技術の標準化と学術的な意義付けについて臨床検査技師を交えた議論を深める場も増えつつある。

2021 年、タスクシフトに関わる臨床検査技師の業務拡大として、臨床検査技師等に関する法律施行令の一部が改正された<sup>8)</sup>。業務範囲の拡大に伴う行為の中で、針電極を患者に使用する行為が認められた。これまでは手術室で電極を装着する場合、針電極を患者に穿刺することが許されていなかった臨床検査技師にとって、この行為を認めた法改正は、術中モニタリングのスペシャリストとして臨床検査技師の活躍の場が確立されたと言えよう。

脳神経外科で行う手術において脳波モニタリングは、煩雑な電極の装着や、記録データの再現性、安定性などの高い検査精度、ノイズ対策などが求められる。他の神経生理検査とは違い、波形監視においてもより専門的な知識が必要である<sup>9)</sup>。近年脳波をはじめとする SEP、MEP などの記録ができる術中モニタリング専用機器も登場し、新旧機種間による電極の使い分けや操作の複雑化、多様化など、介助医や看護師が片手間に行うことが出来る検査ではなくなった。検査を日常的に行う臨床検査技師の術中モニタリングへの参加は、これらの問題を解決できるだけでなく、術前検査などを通じて患者の不安を取り除き、また、モニタリング検査を行うための病棟や手

術室への立ち会いの同意を得る上でも適切と思われる。認定技師制度が確立されて以降、臨床検査技師は脳波検査の手技だけでなく判読力を求められる機会が増えつつある。学術団体が主催する研修会や症例検討会も増え、これらの学習の場に積極的に参加しながら手術現場で提言できる能力を磨くことは、今後の臨床検査技師の課題と言えよう。一方で、手術室は本来臨床検査技師の配属部署ではないことから新たな医療チームの一員として加わる際、技術取得に加え手術現場に適応するための心的負荷は大きい<sup>10)</sup>。手術室内への機器設置やノイズ対策、特に患者搬入後の術前準備の段階では、患者に挿入する麻酔用の針と検査用電極が皮膚上で近接する場合、位置や固定法についての合意を得るための努力や、手術場固有装置の電源コードと検査用電極コードがクロスしないよう配慮をお願いするなど、麻酔科医や看護師の協力が必要不可欠であり<sup>11)</sup>、手術チームのスタッフ一員として両者にいかに認知されるかが術中モニタリングを成功させるための課題と言えよう。今回術中モニタリングに参加するにあたり、術者からMSTについて詳細な手技の説明や文献提供のほかに、手術初日の術者による術中モニタリングの必要性を他の医療スタッフへ強くアピールする等の働きかけが、より効果的にMSTを順調に導くことを経験した。術中モニタリングを成功に導くもう一つのポイントは、術者の理解と臨床検査技師との信頼関係こそ重要であったと振り返る。

術中モニタリングの需要は、整形外科(脊髄外科)、心臓血管外科、頭頸部外科など多岐にわたり、今後も議論は大いに高まると予想される。術中の検査であるから、麻酔科医の立場からの依頼事項も多くあるであろう。臨床検査技師は、術中モニタリングにおいて記録のみならず、術者を始め医療スタッフにさまざまな助言を行うサポーターとして必要不可欠な存在となっている。今後積極的に発言することにより、手術の安全と質がさらに向上すると思われる。

## 謝 辞

本症例の報告にあたり神戸大学医学部附属病院在籍中、ご指導ご協力いただきました脳神経外科の近藤威先生、内村義人先生、同検査部の河野誠司先生、李承皓元技師長に深謝いたします。

## 文 献

- 1) Morrell F, Whisler WW, Bleck TP. Multiple subpial transection: a new approach to the surgical treatment of focal epilepsy. *J Neurosurg.* 1989; 70: 231-239.
- 2) Spencer SS, Schramm J, Wyler A, O'Connor M, Orbach D, Krauss G, et al. Multiple subpial transection for intractable partial epilepsy an international meta-analysis. *Epilepsia.* 2002; 43:141-145.
- 3) Pondal-Sordo M, Diosy D, Téllez-Zenteno JF, Sahjapaul R, Wiebe S. Usefulness of intracranial EEG in the decision process for epilepsy surgery. *Epilepsy Res.* 2007;74: 176-182.
- 4) Onal C, Otsubo H, Araki T, Chitoku S, Ochi A, Weiss S, et al. Complications of invasive subdural grid monitoring in children with epilepsy. *J Neurosurg.* 2003; 98: 1017-1026.
- 5) Wyler AR, Wilkus RJ, Rostad SW, Vossler DG. Multiple subpial transections for partial seizures in sensorimotor cortex. *Neurosurgery.* 1995; 37: 1122-1127.
- 6) Blount JP, Langburt W, Otsubo H, Chitoku S, Ochi A, Weiss S, et al. Multiple subpial transections in the treatment of pediatric epilepsy. *J Neurosurg.* 2004;100: 118-124.
- 7) 白井康. 生体機能検査による術中モニタリング—手術室の特殊性と術中モニタリングに必要な器材. *臨床病理.* 2008; 56: 465-474.
- 8) 良質かつ適切な医療を効率的に提供する体性の確保を推進するための医療法等の一部を改正する法律案の概要 [Internet]. 東京: 厚生労働省; 2021 Feb 12. [cited 2023 June 23]. Available form: <https://www.mhlw.go.jp/>

content/000731828.pdf

- 9) 片山洋一, 山本隆充 (編). 脳神経外科手術のための神経モニタリングアトラス. 医学書院, 東京, 2003.
- 10) 高嶋浩一, 高橋真由美. 脳神経外科手術における誘発電位モニタリング. 臨床病理. 2008; 56: 475-485.
- 11) 長尾建樹, 杉山邦夫. 術中モニタリング, マッピング. 検査と技術. 2008; 36: 1111-1118.

#### — プロフィール —

**福岡 恵子** 鈴鹿医療科学大学保健衛生学部臨床検査学科・准教授 修士 (学術)

〔経歴〕1983 年神戸大学医療技術短期大学部衛生技術学科卒業, 1983 年神戸大学医学部附属病院中央検査部入職, 2014 年放送大学大学院文化科学研究科文化科学専攻卒業, 2019 年神戸大学医学部附属病院検査部生理検査部門副技師長, 2019 年公益財団法人甲南会グループ病院統括診療技術部長, 2022 年より現職。〔専門〕画像生理検査学, 神経生理学, 聴覚診断学。

# **Intraoperative electrophysiological monitoring in surgery for intractable epilepsy**

— **Role of clinical laboratory technician as a member of medical team** —

Keiko FUKUOKA

Department of Clinical Laboratory, Faculty of Health Science,  
Suzuka University of Medical Science

**Key words:** Multiple subpial transection, Intraoperative monitoring, Cortical electroencephalogram, Somatosensory evoked potential, Motor evoked potential

---

## **Abstract**

A 17-year-old boy had a history of focal to bilateral tonic-clonic seizures beginning from the left leg for years and attacks became progressively frequent. Since seizures were intractable even with various kinds of anticonvulsants, surgical intervention was planned. Preoperative MRI showed a high signal lesion on FLAIR image in the right primary motor and sensory cortices. In the first surgery, a biopsy was performed and the patient was diagnosed with cortical dysplasia based on the pathological examination. Grid-electrodes were placed subdurally and video-EEG monitoring was performed for a week, showing the seizure onsetzone corresponded to abnormal MRI. In the second surgery, multiple subpial transection was performed until spikes disappeared under electrocorticogram monitoring. Postoperatively, seizures did not become generalized although frequency has been unchanged. Surgery on the eloquent area cannot be achieved without intraoperative electrophysiological monitoring. Since the area surgically manipulated is determined with the guide of such a monitoring, it is necessary to establish reproducible laboratory techniques as well as interpretation skills for pathological findings.